

船舶电气设备 维修指南

阮初忠 编著



人民交通出版社

船舶电气设备维修指南

Chuanbo Dianqi Shebei Weixiu Zhinan

阮初忠 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是根据船舶电气设备的维护、保养、检修的特点编写的。

第一章,介绍了船舶电气设备故障分析的几种方法;第二章,简介在船舶电气设备维修中常用仪表的工作原理和使用方法,特别介绍了元器件的测量和判别好坏;第三章,阐述在维修中常用的维修材料,使维修人员了解各种常用材料的性能,以及如何选用这些材料;第四章,介绍船舶电器维修,重点阐述了发电机主开关和可编程控制器的维修;第五章,介绍船用电机的维修;第六章,介绍船舶辅机电气控制系统的维修,以丰富的实例来阐述其维修方法;第七章,介绍船舶电站维修,重点介绍各种调压器的检修和自动化船舶电站的检修方法;第八章,介绍主机遥控系统和巡回监视系统的维修,重点介绍了我国航运船舶普遍采用的系统。

本书可作为轮机管理专业船舶电气管理与维修课程的教材和教学参考书、在职轮管人员的船舶电气设备维修培训或自学教材,亦适用于修造船厂电气技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气设备维修指南/阮初忠编著. - 北京:人民交通出版社,1999

ISBN 7-114-03500-4

I. 船… II. 阮… III. 船用电气设备-船舶修理 IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 44159 号

船舶电气设备维修指南

阮初忠 编著

责任印制:杨柏力 版式设计:周 园 责任校对:尹 静

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 6421 6602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京京华印刷制版厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:23.75 插页:6 字数:594 千

2000 年 2 月 第 1 版

2000 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001-3000 册 定价:25.00 元

ISBN 7-114-03500-4

U·02510

前 言

随着船舶电气化、自动化程度不断提高，船舶电气设备越来越复杂。一旦发生故障，没有一定的理论基础和实践工作经验，要快速排除故障，是很难做到的。目前船舶电气设备维修的指导书籍甚少。所以，作者通过多年的船舶电气维修的教学、科研；上船实践经验以及收集多年的书刊和同行所提供的船舶电气设备维修经验。历经近二年时间，编写了这本书。期望它能对从事船舶电气维修和管理人员有所帮助。

本书侧重于实用性，通过大量的实际设备线路阐述了船舶电气设备的维修方法。而且对于每个设备都首先阐述其工作原理、线路特点。然后讲解检修方法，使读者能达到举一反三的目的。

在编写过程中，曾经得到以下单位和同行们的热情支持和帮助：

厦门远洋公司	许国荣
江苏远洋公司	吴科良
青岛远洋公司	周楚勤
天津远洋公司	张 楚
广州海运集团公司	刘柏林
集美大学航海学院	· 蔡春生 黄师齐

在此谨致谢意。

由于作者水平有限，维修经验不足，书中错误和遗漏在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1998.12.8

目 录

第一章 船舶电气设备故障分析方法	(1)
第一节 传统的故障诊断法.....	(1)
第二节 故障树分析法.....	(3)
第三节 船舶电气设备专家诊断系统.....	(8)
第四节 船舶电子设备故障分析及修理方法	(11)
第二章 船舶电气设备维修常用仪表及其使用	(20)
第一节 万用表	(20)
第二节 示波器	(29)
第三节 兆欧表	(32)
第四节 钳形表和短路侦察器	(33)
第三章 船舶电气设备常用维修材料	(37)
第一节 船用导电材料	(37)
第二节 船用绝缘材料	(46)
第三节 半导体器件	(49)
第四节 磁性材料	(65)
第五节 船用其他电气附属材料	(65)
第四章 船舶电器维修	(67)
第一节 电器分类和型号命名	(67)
第二节 接触器维修	(69)
第三节 继电器维修	(74)
第四节 自动开关维修	(77)
第五节 常用熔断器	(79)
第六节 PC 控制器维修.....	(81)
第五章 船用电机维修	(90)
第一节 对船用电机的基本要求	(90)
第二节 船用电动机的维护	(91)
第三节 船用异步电动机的检修	(98)
第四节 船用直流电机的维修.....	(108)
第五节 交流单相电机的维修.....	(110)
第六节 船用变压器的维修.....	(117)
第六章 船舶辅机电气系统的维修	(119)
第一节 电气控制线路图的读图方法及一般故障的检查方法.....	(119)
第二节 单速拖动控制系统的维修.....	(126)

第三节	泵的自动控制系统维修·····	(131)
第四节	船舶分油机电气系统维修·····	(138)
第五节	船舶起货机电气系统的维修·····	(148)
第六节	锚机、绞缆机电气系统维修·····	(178)
第七节	舵机电气控制系统的维修·····	(182)
第八节	船舶辅锅炉电气控制系统的维修·····	(205)
第九节	船舶空调、冷藏设备、冷藏集装箱电气控制线路的维修·····	(214)
第七章	船舶电站的维修·····	(229)
第一节	船舶电站的维护与保养·····	(229)
第二节	船舶发电机、调压器常见故障检修·····	(236)
第三节	船舶电站自动装置的维修·····	(257)
第四节	轴带发电机系统的维修·····	(286)
第五节	船舶电站的调试·····	(291)
第八章	主机遥控和巡回监视系统的维修·····	(296)
第一节	主机遥控系统的维修·····	(296)
第二节	电子调速器的维修·····	(331)
第三节	巡回监视系统的故障维修·····	(341)

第一章 船舶电气设备故障分析方法

随着船舶电气化、自动化程度不断提高，电气设备就变得越来越复杂。电气设备的故障也是多种多样，所以诊断故障和排除故障的方法也不一。但是，分析故障的逻辑思维方法基本上是一样的。本章主要介绍目前常用的船舶电气设备故障分析方法：传统的故障诊断法，故障树分析法、专家系统诊断法，电子设备故障分析法。

第一节 传统的故障诊断法

一、概 述

传统故障诊断法也叫作经验诊断法，通过设备故障现象分析和以往的经验（这个经验可能是自己的切身体会，也可能是其他方面，如书面得来的），做出设备故障的点（或零部件）的判断，并加以排除，这种诊断的精确与否主要依赖于诊断人的素质。诊断人对设备技术性能、工作原理掌握越熟透、对设备故障诊断的经验越丰富，他诊断出故障点的可能性就越大。这样，对维修人员提出了较高的要求。首先维修人员必须掌握设备的工作原理，各部件出现故障时所表现的特征，要有足够的设备管理维修经验，才能有效地、迅速地排除故障。这对于我们海上管理维修人员来讲，尤为重要。

二、传统的故障诊断的步骤

所谓设备发生故障，就是设备失去或减弱正常工作的能力。维修人员就得加以诊断故障所在，并排除、修复。所以维修人员诊断设备故障点与医生诊断人的病因的步骤基本一样，只不过维修人员“医治”的是设备，医生医治的是人而已，其步骤：

第一步：保持现场的情况进行症状分析

1. 询问操作人员

询问内容一般为：

(1) 发生了什么故障？在什么情况下发生的？什么时候发生的？

(2) 设备已经运行了多长时间？

(3) 你曾注意到有何异常现象？有何声响或光报警信号等？有无烟气或异味？有无误操作（注意询问方式）？

(4) 控制系统操作是否正常？操作程序有无变动？在操作时是否有特殊困难或异常？

2. 观察

观察的内容一般有：

(1) 有无明显的异常现象？零件有无卡阻或损伤？各种导线有否松动、破裂、擦伤或烧毁？

(2) 设备运行参数有何变化？有无明显的干扰信号？有无明显的损坏信号？

3. 检查监测指示装置

- (1) 检查所有仪表读数是否正常，如电压、频率、电流等。
- (2) 检查报警装置及联锁装置、打印输出或显示器是否正常。

4. 在允许的条件下，让故障现象重现

在允许的条件情况下，重新开动设备，让故障现象重现，仔细观察，检查故障现象，但需注意人身、设备安全，不能让故障结果扩大。

第二步：检查设备

1. 利用五官检查（继续深入观察的过程）

- (1) 看：插头及插座，电机或泵的运转，控制调整位置是否正确，有无起弧或燃烧的痕迹，断开电路开关，看有无故障的元（组）件。
- (2) 摸：振动、电机和元（组）件的温度。
- (3) 听：有无异常声响。
- (4) 闻：有无焦味、其他异味。
- (5) 查：元器件的形状与位置是否变化，设备性能参数变化情况，检查线路元（组）件功能。

2. 评定检查结果

评定故障判断是否正确？故障线索是否找到？各项检查结果是否一致。

第三步：故障位置的确定

1. 确定系统结构和测试方法

(1) 确定系统结构：熟悉系统工作原理，各元（组）件的位置。这项工作，做为电气管理人员，平时就要做到，对全船的电气设备线路，原理应当十分熟悉。一旦发生故障，通过一、二步骤就可初步诊断故障所在。

(2) 确定测试方法

根据系统结构、工作原理和故障现象确定用什么方法测试，可能获得什么测试参数或性能参数，在什么操作条件下进行测试，必须遵守哪些安全措施。

注：检测的方法很多，如直观比较法（与无故障设备比较），分部隔离法（缩小检查范围），变换条件法（故障征兆不明显）；试探反证法，监测测量法，试切试样法等等。

2. 系统检测（用五官或仪器进一步认真检查）

采用最适于系统结构的技术测量，在合适的测试点，根据输入和反馈所得结果与正常值或性能比较，检查出故障位置。

必须指出，并不是所有电气设备出现故障，其诊断都必须通过以上各个步骤。对故障比较明显，一目了然的就没有必要，如一盏灯不亮，灯泡钨丝断了，只要换一个灯泡就把故障排除了，没有必要通过上述的所有步骤。否则，就多此一举了。

三、传统诊断的准则

1. 维修人员要熟悉电气设备结构、工作原理、元（组）件功能及所在的位置。
2. 问、看、摸、听、闻，了解故障现象，初步诊断故障所在或原因。
3. 查：确定什么方式进行测试、检查，此时，必须三思而后行，克服人为不正确的测试、错误的检查方法。在检查中，不作任何假设或推断性的结论，而是尊重实际，经过详细的检查、核实后才得出结论。同时在检查中，先外后内，先易后难。

4. 留下记录，丰富自己经验，摸索维修规律。

传统故障诊断，在以后各有关章节结合实例加以说明，这里就不举例了。

第二节 故障树分析法

一、概 述

故障树分析法，简称 FTA (Fault Tree Analysis)，早在 60 年代初就由美国贝尔研究所首先用在民兵导弹的控制系统设计上，为预测导弹发射的随机失效概率作出贡献。其后，波音公司研制出 FTA 的计算机程序，进一步推动了它的发展。到了 60 年代中期，FTA 从宇航范围进入核工业和其他领域。FTA 在全世界受到普遍重视，是在 1974 年 8 月美国发表《美国商用核电站事故风险评价报告（草案）》（报告代号为 WASH—1400）之后。该报告成功之处便在于应用了事件树和故障树分析法。该报告用这两种分析方法计算出初因事件的发生频率，工程安全设施故障概率以及各种水平的放射性排入环境的事故的概率。因此，第一次定量地给出核电站可能造成的风险，在和其他能源造成的风险比较之后，令人信服地导出核能是一种非常安全的能源的结论。目前，FTA 已从宇航、核能进入一般电子、电力、化工、机械、交通乃至土木建筑领域。科学工作者和工程技术人员愈来愈倾向于采用 FTA 作为评价系统可靠性和安全性手段；用 FTA 来预测和诊断故障，分析系统的薄弱环节、指导运行和维修。实现系统设计的最优化，我们这里是运用 FTA 来诊断船舶电气设备故障。

其实故障树分析中使用的某些概念来自图论。在图论中，一个树是由一些顶点（节点）和边构成，它是一种不包含闭环的连通图。如图 1-1 所示。图中任一顶点、节点都通过边的连接而通到任一其他顶点、节点。树中的有向边称为弧，代表事件，具有有向边的树称为逻辑树。故障树就是一种逻辑树，树枝代表系统或元件的故事故件，而节点代表事故事件之间的逻辑关系。故障树从顶事件的树根出发向下发展，顶事件的下一级事件是一些能够引起顶事件发生的事件，这些事件与顶事件之间的关系是逻辑关系。在故障树中最常用的逻辑关系是“与”和“或”关系。如此延伸下去，直到系统内部可导致顶事件产生的元件故障为止。因此，故障树是用图形符号形象地表示那些引起系统不希望事件的各种事件之间的逻辑组合，给人一个一目了然之感，思维逻辑都很清楚。

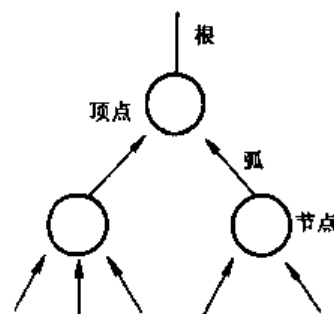


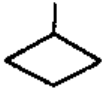
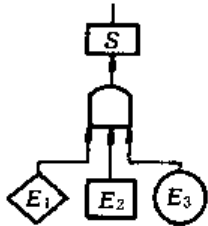
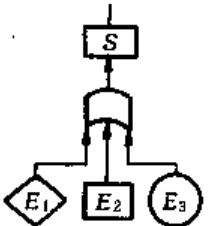
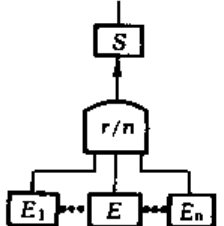
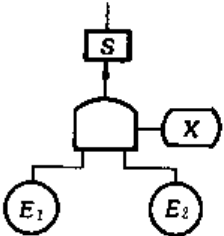
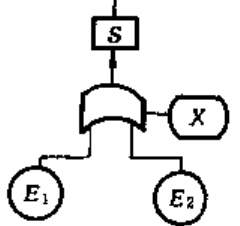
图 1-1 故障树

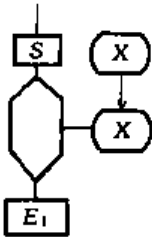
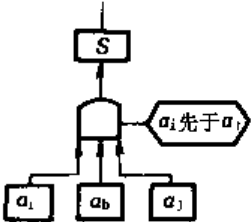
二、故障树的符号

符号、名称、意义见表 1-1。

符号、名称、意义			表 1-1
符 号	符号名称	符 号 的 意 义	
	基本事件	已知故障概率，不可能再分解的故事故件，即树叶	

续上表

符 号	符号名称	符 号 的 意 义
	假定的事件	由于缺乏资料而不能进一步分析的事件
	结果事件 (中间事件)	由其他事件组合而成的事件, 相互之间由逻辑门相连接
	将产生的事件	原因尚待明确的事件
	“与” 门	当输入端所有事件 (E_1 、 E_2 、 E_3) 均发生时, 才产生输出事件 (S)
	“或” 门	当输入端的事件 (E_1 、 E_2 、 E_3) 中只要有一个发生就产生输出端事件 (S)
	“ r/n ” 组合门	当输入 n 个事件中有 r 个产生, 即产生输出端事件 (s)
	条件“与” 门	当输入的所有事件 (E_1 、 E_2) 均发生, 同时满足条件 x , 即产生输出端事件 (s)
	条件“或” 门	输入端的事件 (E_1 、 E_2) 中至少有一个发生, 同时满足条件 x , 即产生输出端事件 (s)

符 号	符号名称	符 号 的 意 义
	条件门	输入端的事件已发生，同时满足条件 x ，即产生输出端事件 (s)
	优先门	当 a_1 先于 a_2 发生时，在 a_1 、 a_2 和 a_3 同时发生，事件 s 才能发生
	转移符号	转移出  转移入 

三、建造故障树的方法

首先要选择顶事件，一般来讲，就是选择设备的某一个故障为顶事件，如电动机不能起动；发电机不能建立电压；主开关不能合闸等等，做为故障分析目标，顶事件选好后，就可以按顶事件所代表的故障事件把系统内部的诸多故障事件（中间事件或底事件）联系起来。

选择了顶事件之后，确定边界条件（如分析电动机本身“不能起动”故障，其边界条件就是，电源正常，控制回路正常）。然后，就得先找出与顶事件相关的系统内部固有的故障事件，同时找出这些事件导致顶故障事件的所有可能的途径。在这过程中，必要时还要选择合适的中间事件，使得故障树层次、逻辑思维更加清晰。如果是复杂的大型系统，可以把本来是中间事件的子系统的故障作为顶事件，建造若干子树进行分析，最后用转移符号给予综合。

最后建造故障树，它是故障分析的对象，是直接影响分析结果的关键。具体步骤是：

第一步，把顶事件写在上端。

第二步，找出直接导致顶事件发生的各种可能因素或因素组合。这些因素包括功能故障、部件不良、程序错误、人为失误、环境影响等。

第三步，找出第二步中各因素的直接原因。按照这样格式逐级向下演绎。一般来说，直至找出各个基本事件为止。

四、举例说明建造故障树过程

例一 交流电动拖动系统

交流电动拖动系统如图 1-2 所示，求作顶事件为电动机过热的故障树。

解：假定导线接触良好，用演绎法，导致电动机过热的直接原因是过流，间接原因是散热条件。所以，就有如下逻辑过程：

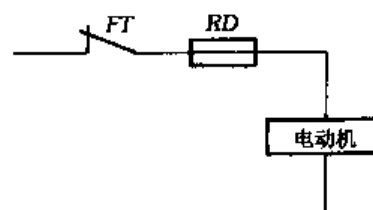
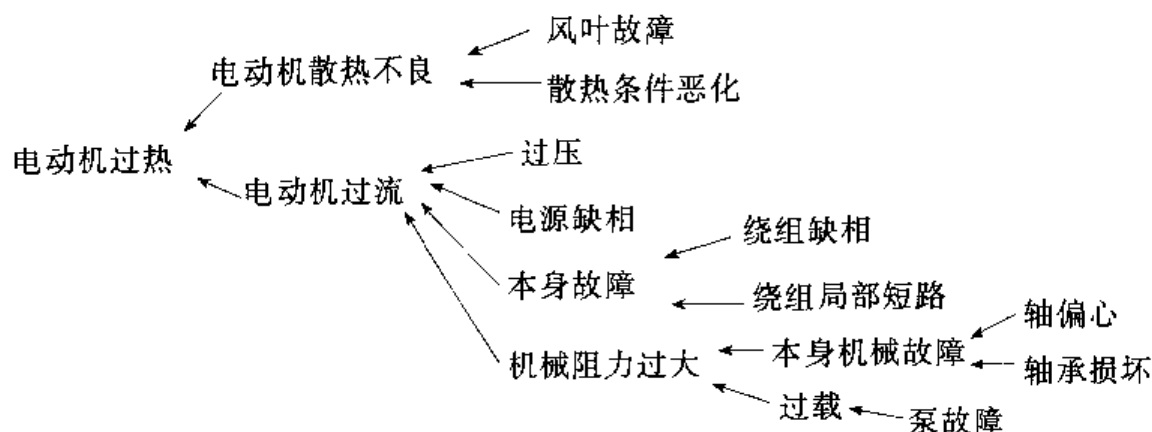


图 1-2 交流电动拖动系统



有了这种逻辑关系，我们只要按故障树的符号把它们连接起来，就成了一棵关于电动机过热故障树。如图 1-3 所示。

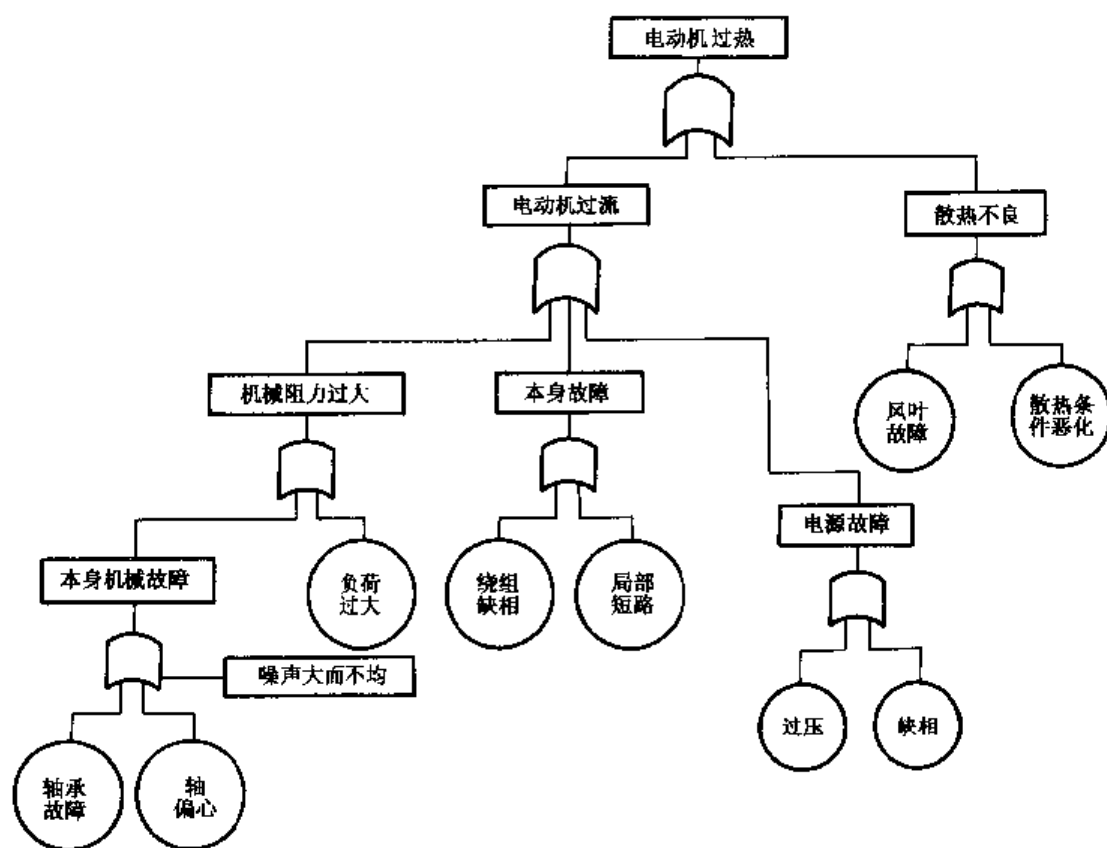


图 1-3 电动机过热故障树

有了故障树之后，就可遵循故障树进行检查，排除故障。由故障树可见，造成电动机过热的基本原因有九个（即 9 个树叶），就得进行每个检查，一般顺序是由易到难，由故障率比较高的部件优先检查。但有一些部件发生故障导致顶事件发生还伴有其他特征。如上轴承故障造成电动机过热，伴有很大不均匀噪声，轴承端盖过热，如果发生这种情况，就没有必要由上述的从简到难的顺序，就可直接检查电动机轴承部件。

例二 单速不可逆交流电动拖动系统

单速不可逆交流电动拖动系统如图 1-4 所示，以电动机不能起动为顶端事件做出它的故障树。

解：造成这种故障的直接原因有：(1) 电动机本身故障。(2) 电动机无电。(3) 机械卡

死。造成电动机无电的原因有：①线路停电；②K无法合上；③KM 没有合上。而造成 KM 没有合上的原因有：①KM 衔铁卡死无法合上；②KM 线圈故障；③KM 无电。造成 KM 无电的可能就是：①FU 熔断；②SB₁开路；③SB₂失效合不上；④FT 断开。而 FT 断开可能是：①过载动作没有复位；②本身故障无法闭合。按上述演绎就可以得到如图 1-5 的故障树。

有了这棵故障树，只要按这棵树从根源到树叶进行检查。但是这种检查方法费时费力。在常规检查没有发现故障原因时，我们可以采用割枝方法，即在树叉上（中间事件）开始检查、对于同一级中间事件仍按从易到难，从简到繁原则进行检查。比如本例中，

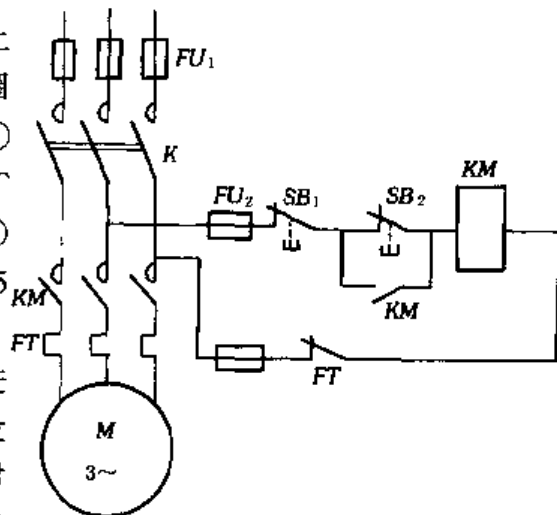


图 1-4 直起动器

先检查 KM 是否合上。如果合上，说明与“KM 没有合上”的中间事件关联的（树叶）基本事件没有发生。只要检查其他的中间事件。如果发生了，就沿该中间事件向下检查，也可再使用割枝办法检查。直至找到基本事件发生为止。

五、故障树诊断方法

1. 首先要建立故障树

建造故障树可以与设备设计、可靠性分析时一起完成，有了故障树既可以进行设备可靠性分析，同时为我们管理维修提供了一个分析故障的逻辑思维。必须指出：一个设备有可能出现多少故障，就有多少个与此对应的故障树，应一一建造。

2. 按故障树进行诊断故障点

一般检查的方法：首先进行常规检查，按故障时所表现出的特征进行检查，如果没有明显特征，常规也未能找到故障原因时可采用割枝方法，即从故障树的某一级中间事件进行，看该中间事件是否发生，如果没有发生，说明

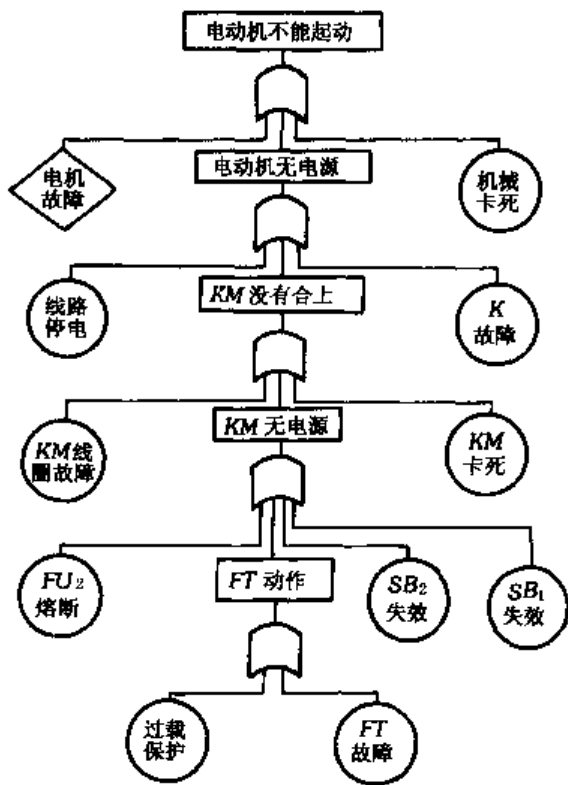


图 1-5 电动机不能起动故障树

与该中间事件关联的基本事件没有发生，就可以去掉这些基本事件的检查。如果同一级中间事件不止一个发生时，一般以由易到难，由表及里，由故障率高的元件的分枝优先检查。而且这种割枝法可以重复多次，有效地减少检查范围。如果找到其中一个发生了，就以该中间事件为顶事件（分枝树），沿其往下检查，一直查到故障点为止。

总之，用故障树诊断故障点，逻辑思维清楚、条理明确，但是比较繁琐，特别是建立故障树，既费时，又费人力，是一项很艰巨的工作，而且故障树建造准确与否直接关系到诊断的准确性。一般用于比较复杂成形的系列设备。应该指出：由于计算机人工智能的发展，建

造故障树可借助于计算机来完成,为故障树诊断法扫除一大障碍,而且故障树又是开发设备故障诊断专家系统的一个基础。

第三节 船舶电气设备专家诊断系统

一、概 述

随着船舶大型化和自动化不断提高,船舶设备和控制系统就越来越复杂,它们几乎包括陆上所有比较成熟的现代技术。船舶电力系统也不例外,由原来的电站容量几千瓦发展到现在上千千瓦。控制系统由原来的人工控制发展到微机控制。将来的发展方向是多微网络和人工智能控制。如果将来采用超导磁力推进,电站容量就更大,控制系统就更复杂了。

现代科学技术发展一日千里,这就要求科技人员随时随地更新知识,才能跟上时代的步伐。但是,由于船上的条件限制,要做到船舶电气工作人员能够很快地更新知识,掌握新技术、正确使用高度自动化设备以及对它的故障诊断的维修已经不是一件很容易的事。而且,设备自动化程度越高,系统就越复杂,系统的元部件就越多,造成故障的可能原因就越多,同时,对新发展的高自动化设备又没有运行、管理维修经验。为了能够对设备、控制系统的正常运行、故障作出正确的判断,及早地识别故障、快速诊断故障的所在,及时排除故障,必须去寻找设备故障辅助分析诊断方法。目前船上已经采用了模拟装置,打印出故障类型或某一个环节故障,比如轴带发电机的主 SCR 没有触发脉冲。但无法进一步显示造成这种故障的原因,到底是触发控制电路没有工作电源,还是没有控制信号,还是触发控制电路本身故障。对于更进一步显示元部件故障就更困难。为了填补这种不足,目前船舶电气科学工作者正在开发船舶电气设备故障诊断专家系统。目前已有雷达故障诊断专家系统投入我国舰艇上运行。

二、船舶电气设备故障诊断专家系统组成和工作过程

1. 什么是专家系统

专家系统是这样的一个系统:

- (1) 专家系统处理现实世界中提出的需要由专家来分析和判断的复杂问题;
- (2) 专家系统利用专家推理方法的计算机模型来解决问题,并且与专家分析的结果一样。

因此,船舶电气设备的故障诊断专家系统就是用于复杂的高自动化电气设备的故障诊断的专门计算机系统。

2. 船舶电气设备故障诊断专家系统组成

这种诊断专家系统要像专家们诊断电气设备故障,首先就必须有像专家们所具有船舶电气领域的专业理论知识以及专家们的电气故障诊断的经验。把这些知识存放起来的地方——称为知识库,其次要像专家们根据故障特征和有关的理论知识、经验作出故障点的逻辑推理过程——推理机构;第三,要有一个像专家那样把他的推理结论解释给询问者听,使人信服,或解释专家的建议——解释机构;还有与开发者,用户发生联系的机构。因此,船舶电气故障诊断专家系统应该由知识库、推理机构、解释机构、询问机构、知识获取机构和存放故障特征向量机构等组成,如图 1-6 所示。

3. 工作原理

当船舶电气设备故障诊断专家系统投入运行时，询问机构向用户提出询问故障现象特征、参数，用户回答了有关询问之后，计算机就按知识库的知识表达方式把故障特征存储在故障特征向量中，并查询知识库，做出推理。必要时推理机构可以再询问用户要求补充故障特征（这样的询问过程可能多次），如果最后询问用户没有什么可知故障特征补充，那么推理机构

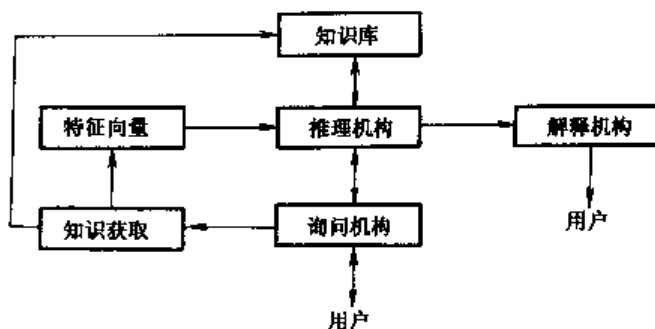


图 1-6 专家系统组成框图

就根据现有的故障特征向量和知识库所具有的知识做出推测，把结果交给解释机构，解释机构用易懂或者自然语言解释全过程。由于这种故障诊断专家系统是一个实验性很强的开发系统。通过试验、运行有必要修改知识库的知识，这样就必须有修改的途径，该系统可以通过询问机构和知识获取机构来达到目的。

三、开发船舶电气设备故障诊断专家系统的方法

目前适合于诊断、咨询专家系统开发工具如 PC 和 CM.1 已经把询问机构、知识获取机构、推理机构和解释机构建立起来。开发者就可直接利用这个工具，没有必要重新建立。所以要建立一个该系统只要人们收集船舶电气有关的书面理论知识和专家们的经验，按工具所要求的格式输给计算机，建立一个高水平的专家知识库。

那么，如何建立船舶电气设备、控制系统的故障诊断专家系统的知识库呢？一般的步骤如下：

1. 知识获取

一般是通过多方面来进行，第一、通过分析设备工作状态、工作原理、测试来获取设备正常工作状态下的特征、参数；第二、根据设备的资料（说明书、原理图）和出现故障的现象进行分析来获取造成该故障原因、特征、部位和排除故障的方法；第三、从模拟装置上来获取；第四、从专家们对故障诊断行为和经验上来获取等。但是，不管从哪一方面来获取都有可能出现多种原因造成某种故障的可能性。这种必须根据专家们的经验来处理。一般是按元件失效率，由易到难，由表及里的检查、排除故障的原则来全面衡量。建立知识库一般是由专家和计算机工作者共同合作进行的。知识获取是专家系统开发最关键的一步，系统开发成功与否、质量好坏都由这一步所决定。

2. 知识表达方式的选择

该系统可以采用产生式来表示，这种表达方式是当前最常用的一种知识表达方式，有 PC (Personal Consultant) 和 CM.1 中文版本适合于开发诊断、询问专家系统工具支持。

3. 建立初步知识库（原型系统）

确定该设备故障诊断为目标，把该设备可能出故障，每个故障产生的原因、特征、故障所在以及分析方法（包括分析中的假设、中间推理）列出，然后用计算机表达这些。

4. 原型的发展和试验

5. 知识库的改进和发展

下面以可控相复励恒压装置为例建立该装置故障诊断知识库。

该装置的原理框图如图 1-7。采用故障树分析法：

(1) 发电机建立不了电压（原动机转速为 n_e ）。

首先我们先建立故障树，如图 1-8 所示。从故障树可得这么几条规则：

①如果发电机无剩磁电压，那么，发电机应充磁。

②如果发电机不能起压，且有剩磁电压；那么，励磁回路故障。

③如果剩磁电压极性正确；且电刷、转子未开路；那么，相复励装置故障。

④如果相复励装置故障：那么，整流器故障，可信度为 X_1 ；移相电抗器开路，可信度为 X_2 ；复励变压器故障，可信度为 X_3 ；

这里一个故障多种原因，每个原因的可能性不一样，则要根据元件的失效率或专家们的经验给出可信度 X_1, X_2, X_3 。

(2) 发电机空载电压低

根据故障树如图 1-9 所示和故障特征可得规则：

①如果 $|U_0 - U_{fe}| > \Delta U_1$ ，那么 ZL 整流器有开路二极管；

②如果 $\Delta U_2 < |U_0 - U_{fe}| < \Delta U_1$ ，那么 SCR 全导通；

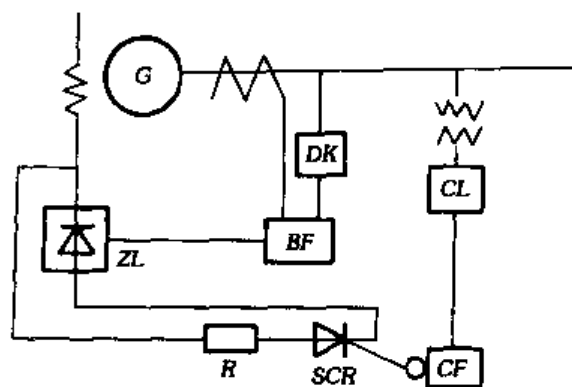


图 1-7 可控相复励恒压装置原理图

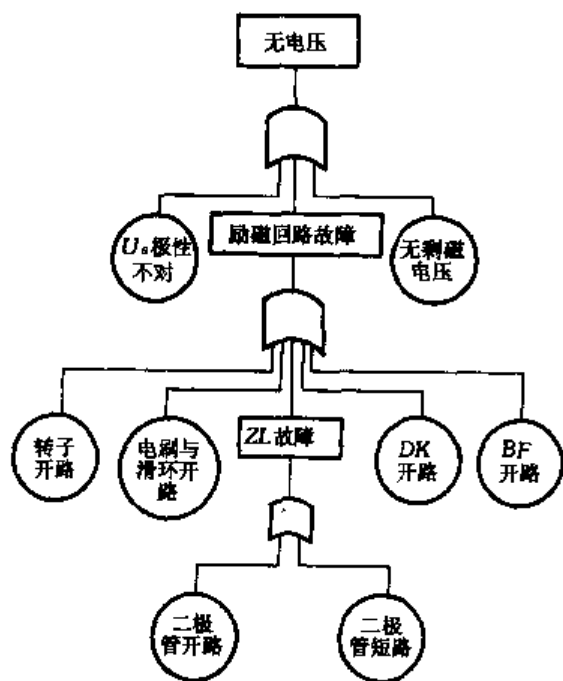


图 1-8 “无电压” FT

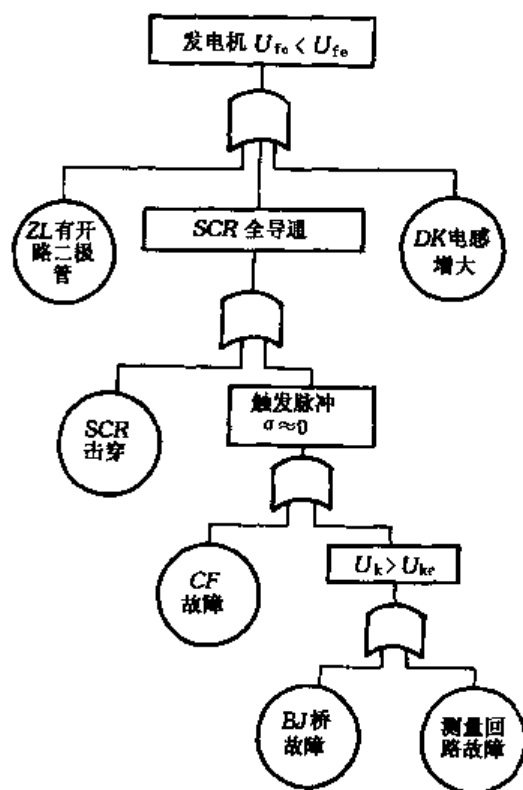


图 1-9 $U_0 < U_{fe}$ FT

③如果 $6V < |U_0 - U_{fe}| < \Delta U_2$ ，那么 DK 电感增大，应增大气隙；

④如果 SCR 全导通，那么 SCR 击穿可信度为 $\left(\frac{100}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} \times \lambda_1 \% \right)$ ；

CF 触发电路造成 $\alpha = 0$ 误触发, 可信度 $\left(\frac{100}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} \times \lambda_2 \% \right)$;

BJ 桥稳压管击穿, 可信度 $\left(\frac{100}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} \times \lambda_3 \% \right)$;

测量回路故障, 可信度 $\left(\frac{100}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} \times \lambda_4 \% \right)$ 。

这里 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 是对立事件的失效率, 这条规则是一种故障多种原因 (按逻辑关系是串联关系) 按各元件的失效率分配可信度。这特别适合于新设备刚投入使用没有运行经验, 按失效模型开发的原型知识库, 通过运行实践修改推广。

(3) 发电机空载电压高

根据演绎法, 同样可建造出它的故障树, 如图 1-10 所示。由故障树可得如下几条规则:

①如果 $U_0 > U_{fe}$; 那么电压校正器无调节作用;

②如果校正器无主调节作用: 那么 SCR 开路, 可信度为 X_1 ; 分流电阻开路, 可信度为 X_2 ; SCR 无触发脉冲, 可信度为 X_3 。

③如果 SCR 无触发脉冲: 那么 CF 触发电路故障, 可信度为 X_4 , 比较桥故障, 可信度为 X_5 ; 测量回路故障, 可信度为 X_6 。

④如果 $U_0 > U_{fe}$, 且分流电阻、SCR 完好; 那么 SCR 无触发脉冲。

⑤如果 SCR 无触发脉冲且 $U_k > U_{se}$, 那么 CF 触发电路故障。

⑥如果 SCR 无触发脉冲且 $U_k = -U_w$, 那么 BJ 桥稳压管开路。

⑦如果 SCR 无触发脉冲且 $-U_w < U_k < U_{se}$, 那么 CL 测量回路故障。

以上是作为一个例子来说明建造设备故障诊断专家系统知识库的过程, 当然这个设备还有其他故障, 对应规则 (知识) 还没有总结, 需指出的是, 除采用产生式表示知识, 目前, 还采用框架结构表示知识。只要把一个故障作为一个框架结构, 在其槽内填入故障现象, 特征及必要参数, 建立知识库, 用户只要输入故障名称, 尽可能多的故障现象。然后计算机通过默认推理, 匹配等方法, 作出推理、判断给出故障原因。由于篇幅有限, 这里不做详细介绍。

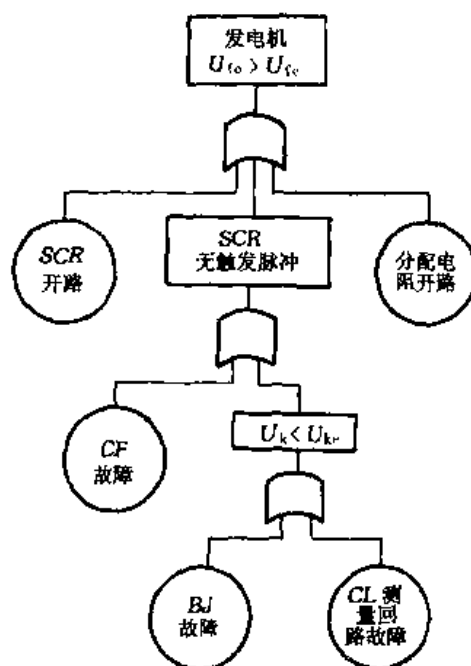


图 1-10 $U_0 < U_{fe}$ FT

第四节 船舶电子设备故障分析及修理方法

一、概述

随着船舶电气化和自动化程度不断提高, 电子设备用于船上的数量与日俱增。做为船上电气维修人员必须掌握电子设备故障分析方法以及维修技能。由于电子设备线路复杂、元器件数量之多、型号规格也多。所以, 电子设备故障分析和修理有它独特之处, 我们在这里简

单介绍分析电子设备故障原因的几个方法。

二、船舶电子设备故障分析方法

1. 不通电观察法

电子设备发生故障，主要是由于电阻、电容、电感等电路元件和晶体管、集成电路等电子器件以及变压器、开关、保险管等部件的损坏而引起的，也可能是由于电路的或机械的连线或触点不良造成的。其中如电阻烧坏、电容器漏液或炸裂、电源变压器损坏，开关滑位、电路断线、插件松脱等迹象都容易发现。因此，在检查电子设备时，可先在不通电的情况下，观察电子设备上的开关、旋钮、插口、接线柱等有无松脱、滑位、断线等问题，打开电子设备外壳盖板，观察内部的元件、器件、插件、电源变压器电路连线等，有无烧焦、漏液、发霉、击穿、开断等现象。

但是应当指出，在修理时不能单纯地调换已损坏的器件就算了事，应当进一步查对电子设备的电路原理图，搞清楚损坏器件的部位和作用，从而分析导致损坏的原因，及其可能波及的范围，查出导致故障发生的真正原因，发现其他损坏的器件，这样才算完全修好设备。否则，真正的故障因素没有排除，设备开机使用后，更新的器件一定又会损坏。

2. 通电观察法

如果在不通电观察中未能发现故障原因时，就应采用“通电观察法”进行检查。为了避免设备故障扩大，以及便于重复观察，必须使用自耦变压器（0~240V，500VA，若直流电源需加整流，变为0~240V）逐步加压供电，在调压自耦变压器输出端，应串接一个适当量程的电流表和电压表，通电观察时，应先把电子设备的开关合上，然后从“0”V开始逐步加压，这时注意所加电压和设备内部有无异常现象发生。

通电观察法特别适用于检查跳火、冒烟、异味、烧保险丝等故障现象。这些故障常发生在电子设备的整流电路部分，通电观察时，首先应注意整流部分、电解电容有无吱吱声、或者电源变压器、电阻器等器件是否发烫、发臭、发黑、冒烟、跳火等现象，一旦发生应立即切断电源。如果一时看不清损坏器件时，可重复上述过程。一旦查出损坏的器件后，应进一步查对电子设备的电路原理图，分析器件损坏的原因，以及可能波及范围，然后再拟定下一步的测试方案。

3. 对症下药法

在电子设备的说明书中，大多有比较完整的维修与调试资料。如各级电路的工作电压数据表、波形图以及常见故障现象、原因、检修方法对照表等等，对于电子设备检修者都是很有价值的参考资料。因此，在检修电子设备时，可根据现象，参照现成资料对症下药，以加快电子设备的修复。

4. 参数测试法

电子设备发生故障时，设备有关电路的参数都会发生变化。只要测试到这种变化所在，就可知道故障发生的部位。所以，运用仪器、仪表测试被检电子设备电路中的有关参数（如：电压、电流、电阻等）测得元器件参数，是一种有效分析故障原因的方法。通常在通电状态下，不会扩大故障的情况下，使用测试电路中的有关部分电压参数，甚至电流参数，在不允许再通电试验时，测试电路的电阻值。下面分别介绍这两种方法。

（1）测量电压法

检查电子设备内部各部分是否正常，是分析故障原因的基础。因此，检修电子设备时，

应先测量待修电子设备中各部分的直流电压值是否正常。即使在已经确定故障所在的电路部位时，也经常需要进一步测量有关电路中的晶体管、集成电路块各脚的工作电压是否正常，这对于发现与分析故障的原因和损坏的器件，很有帮助。“测量电压法”是检查电子设备故障原因的最基本的方法。比较完善的电子设备的电路原理图上，标注有主要部位的工作电压值，在检修过程中，经常需要对照电子设备说明书中给出的电压数据，进行必要的直流电压测量，这样就能很快地查明故障的产生原因和损坏变值的器件。如果没有现成的电压数据可供参照，也应当根据电路的工作原理加以分析和估计。

(2) 测量电阻法

在检修电子设备时，经常发现由于电路器件的插脚或滑动触点接触不良，或个别接点虚焊，或者电阻变值。以及电容器漏电等等，从而导致故障发生。这些问题都需要在待修设备不通电的情况下，采用“测量电阻法”进行检查，以寻找故障所在。

对于接触电阻或通路电阻的测量，要使用万用表的最小电阻档位，即“ $R \times 1$ ”档位，对于连接在电路中的电阻器件的测试，要考虑到被测元件与其电路之间的连通关系。如果没有其他回路的连通，则可用万用表的相应测电阻档直接在待测电阻的两端进行测量，否则应脱焊被测电阻的一端，然后才能进行阻值的正确测量。对于高阻值电阻元件的测试，应防止手指碰触测试棒的金属探针，以免影响测试结果，而引起错觉。对于整流输出短路情况，也可用测量负载电阻的阻值加以判断。

对于电容器的漏电程度，绝缘击穿以及电容量变值等情况，一般都可采用“测量电阻法”进行检查，但必须脱焊在被测电容一端。在检测电介电容器时，应注意万用表测电阻档的测试棒极性不能接错，即红笔为“-”电压端、黑笔为“+”电压端。

对于电感线圈和变压器绕组的通断，也可采用“测量电阻法”进行检查。

在缺少专门的晶体管测试仪器的情况下，经常采用“测量电阻法”来粗略地判断各种晶体管的好坏，即使用万用电表的适当测电阻档来检测晶体管 P-N 结的正反向电阻的大小，以及检测相应于 I_{∞} 、 I_{cbo} 和 I_c 值的电阻指示值，并加以比较或估算。譬如 P-N 结构的正反向电阻都很小，表明晶体管已击穿短路；反之，正反向电阻都很大，表明晶体管已烧坏断路等等。

5. 波形观测法

在检修电子设备中，常常使用示波器来观测待修电子设备的各级电路的输入和输出信号波形，可以迅速地发现产生故障的部位，有助于故障原因的分析，进一步确定检修的方法与步骤。

6. 分割测试法

有些电子设备的组成电路比较复杂，涉及器件很多、并且互相牵制、多方影响。在检修这类电子设备时，常常采用分割电路的方法，即脱焊电路连成一端，或者取出有关插板，观察其对故障现象的影响，或者单独测试被分割电路的功能，这样就能发现问题所在之处，便于进一步检查故障的产生原因。

7. 器件替代法

在检修电子设备时，通常使用相同型号、相同规格、相同结构的元件、器件，印刷电路板、单元插接部件来替代有疑问的部分，以便观测对故障现象的影响。如果故障现象消失了，表明被替代的部分存在问题，然后再行脱焊更新，或者进一步检查故障的原因。这种方法，在船上经常使用，由于有些电子设备发生故障等不及你把故障原因弄清，必须快速修

复，才能保证船舶安全航行。所以，这种替代法最为有效，然后把故障部件修复，做为备件。

8. 整机比较法

在检修电子设备时，需要有电路正常时的工作点电压数值和工作波形图作为参考，以便采用“测量电压法”和“波形观测法”来比较其差异而发现问题。因此，在缺少有关资料，并且已使用多种检测方法仍难于分析故障的发生原因，或者难于确定存在问题的部位时，通常采用“整机比较法”，即利用同一类型的完好的电子设备，对可能存在故障部分，进行工作点测定和波形观测，以比较两台好坏设备的差别，往往就会发现问题，并有助于故障原因的分析。特别是对于检修复杂的电子设备在没有有关资料的情况下颇能成效。

9. 电容旁路法

电容旁路法，是利用适当容量和耐压的电容器，对被检电子设备电路的某一部分进行交流旁路检查的一种方法，是一种比较简便迅速排除干扰而引起故障方法。由于船上空间小，相互干扰很严重，干扰源很多。一旦一些滤波抗干扰电容变质，就会使设备无法正常工作，在查不到元器件失效的情况下，设备时好时坏（如报警设备，时常误报警），这时就应考虑是否干扰源闯入，就可用适当容量和耐压电容器，对电源电路相关点（如滤波电容器等处）进行旁路。通过电容器的旁路，就能排除由于电源引起的干扰和噪声，又如：对于报警传感器来的信号，通过旁路就可消除交流信号干扰，特别是工频干扰。对于多级放大电路很容易产生寄生振荡。一旦发生寄生振荡，电子设备就无法正常工作或噪声很大，为了消除这种寄生振荡也可以用适用的容量和耐压的电容，由多级放大电路后级向前级逐级进行旁路检查。如果在某一级的输入端旁路时，寄生振荡消失了，那么，可以肯定寄生振荡故障发生在这一级或前一级；然后，加防振电阻或其他方法等措施来消除故障。

应当指出：电子设备故障分析方法，除上述九种外，还有信号寻迹法、信号注入法等。由于篇幅有限，再加上船上维修仪器等条件限制，使用这两种法不多。这里就不予介绍，请读者参阅有关电子设备维修书籍。

以上介绍了九种分析检测电子设备故障的方法，究竟采用哪种方法好呢？这要视待修电子设备本身的复杂与否，要视故障的现象等情况而定，而且分析检测电子设备故障原因时，可以采用多种方法进行，直至找到故障原因为止。

三、船舶电子设备修理方法

一旦电子设备的故障元器件找到后，一般找原型原规格的元器件替换。但是，由于船舶的自动化电子装置产家很多。更新换代也很快，这给维修带来了很大的困难，有时找到故障器件，却找不到原器件。为此，就得用国产元件来修理或取代国外的器件。常用的方法有：

1. 晶体管的更换

船舶自动化电子设备中晶体管应用非常多，因晶体管的毛病造成设备出故障是常见的现象。自动化电子设备中以欧洲和日本造为多，元件也都是他们的产品。要代换它们，就要知道这些国家对元件的命名。知道了要代换的管子的型号，就可查找有关手册，找到其参数，从而确定相应的国产件。但有的往往查不到，遇到这种情况首先要分析元件在电路中所起的作用，测算出主要参数（可据图分析），由此来确定替代的国产件。选用晶体管时，不要求每项参数都与原装件一致。以下面几项为主：

- (1) 材料相同，即锗管代锗管，硅管代硅管。
- (2) 极性相同，即 NPN 代 NPN，PNP 代 PNP。
- (3) 种类相同，即整流管代整流管，功率管代功率管，可控硅代可控硅，开关管代开关管。
- (4) 主要参数相近，国产件参数常要大于或等于被换件的主要参数。

(5) 如无法测出原管子的参数。可按原管子的形状，只要位置能放下，尽可能选用主要参数，特别是耐压和电流值较大的国产件，须采用多种型号管子逐一换上，以工作状态最佳的那只为准。晶体管的代换比较简单，但一定要注意使用高可靠性的国产件，否则失去意义。

元件的损坏通常有两种原因，即过热和过压击穿。元件的发热由环境温度、自身功耗和散热能力决定。环境温度和散热能力是一定的，要减少元件发热就要降低元件自身功耗。而原电路中电压和通过元件的电流是定值，要减小元件发热，对二极管可控硅就要提高最大工作电流的档次；对三极管要选 I_{cm} 或 P_{cm} 大的，使元件作电流减额运行。电流减额幅度按下式：

$$S_I = I/I_m$$

式中： I ——通过元件的实际电流；

I_m ——元件允许通过的最大电流。

三极管取 $S_I \leq 0.7 \sim 0.9$ （一般取 $0.5 \sim 0.8$ ），二极管可控硅一般取 $S_I \leq 0.4 \sim 0.5$ ，据此即可确定元件的 I_m （或 P_{cm} ）。

要防止过压击穿应选高耐压元件，使其作电压减额运行。电压减额幅度：

$$S_U = U/U_m$$

式中： U ——实际使用电压；

U_m ——元件最高允许电压。

二极管可控硅一般取 $S_U \leq 0.5 \sim 0.6$ ，三极管取 $S_U \leq 0.3 \sim 0.4$ ，据此可确定元件电压档次。除提高元件耐压外，还要防止浪涌电压，尽管它持续时间很短，但破坏性很大。如果原电路中有保护元件，应尽量保持其良好，并注意和国产元件的匹配；如没有，应尽量增加，比如采用 MYH1 氧化锌压敏电阻或 MYW-1 稳压压敏电阻等。

2. 集成电路（IC）的代换

设备中的 IC 的应用很广泛，常见的有：线性电路（运算放大器 $\mu A741$ 、 $\mu A709$ ）；逻辑电路（TTL74 系列、CMOS4000 系列）。同晶体管的代换一样，根据国外件的命名，确定相应的国产件。同类型同型号代换很方便，但有时找不到相应的国产件，就要分析元件在电路中的作用、功能和主要参数，以此来选合适的国产件。

如某轮一设备采用运算放大器，如图 1-11a) 所示。型号为 SN52709，可用国产 F709 直接代替。当因各种原因找不到 F709 时，可考虑其他型号元件。国产 F007 与 F709 性能相近，但两者外围电路不同。F007 不需外接补偿元件，如图 1-11b) 所示。用 F007 代 SN52709 只要将 F007 的 1、5、8 脚悬空，其余对应焊好即可。

除上述外，还会有不同种类不同型号的 IC 互换。如在一次检修中，某设备上有两种 IC 元件分别为 MC672、MC660，电源电压 15V。据查为摩托罗拉公司生产的 HTL 元件，国内虽有类似产品，但市场上很少见到，只能用其他元件。

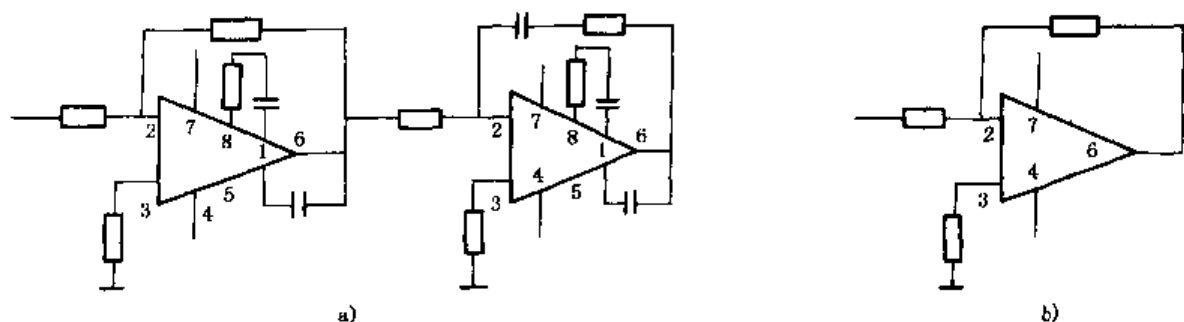


图 1-11 某轮--设备采用运算放大器

CMOS 元件可直接与 HTL 配用。MC672 功能图如图 1-12a) 所示。这是一片四个 2 输入与非门，国产 C036 与它对应，但这是我国早期产品，现已见不到。只有 CC4011，如图

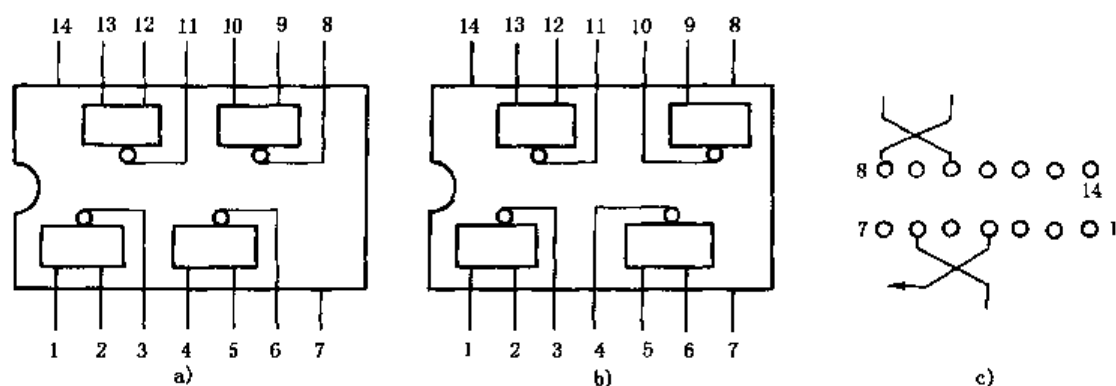


图 1-12 MC672、CC4011 管脚布局 and 替代安装图

a) MC672 管脚; b) CC4011 管脚; c) 替代安装

1-12b) 所示。它的引线 with MC672 不同。这只要将原电路板印刷线 4、6、8、10 线割断，再用导线将其对接，CC4011 仍焊在原 MC672 位置，如图 1-12c) 所示。

MC660 是带扩展的双 4 输入与非门，3、11 脚为扩展端，功能如图 1-13a) 所示。电路

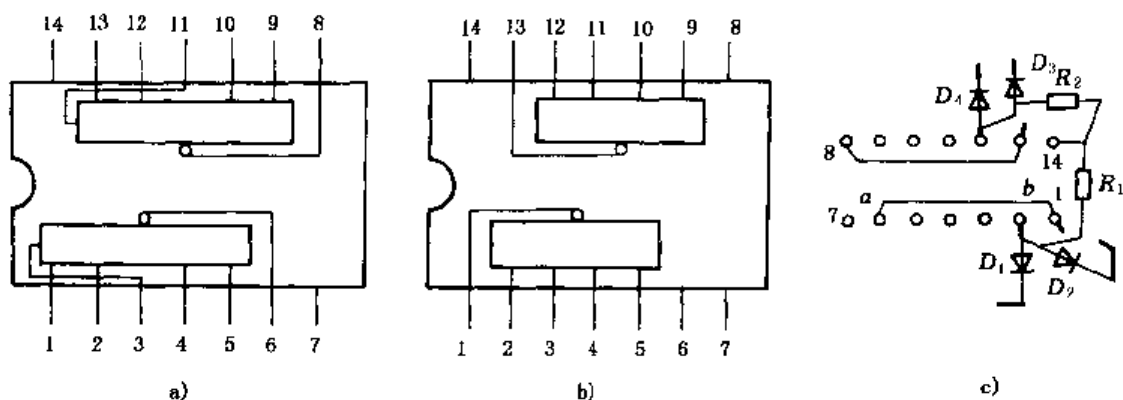


图 1-13 MC660、CC4012 管脚分布 and 替代安装图

a) MC660 管脚分布; b) CC4012 管脚分布; c) 替代安装

中每单元需 5 个输入端，扩展端被用上，成为双 5 输入与非门，CMOS 中无此类型产品，只有如图 1-13b) 所示的双 4 输入与非门 CC4012，且管脚引线不同，要使用它只有改电路。改动时将原 MC660 在印刷电路板上的 1、13 脚印刷线从根部割断，用导线 a、b 将底板的 1、

6脚, 8、13脚连接起来; 再将1、2、12、13脚印刷线也割断, 串入二极管 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 , 并将 D_1 、 D_2 的正极, D_3 、 D_4 的正极连接后串入电阻 R_1 、 R_2 (用 $2.7k\Omega$) 接到电源“+”端, 即 IC 的 14 脚, 如图 1-13c) 所示。这样就使 CC4012 与 MC660 功能相同。

类似这种情况较多, 有时还会遇到 TTL 和 CMOS 间的互换, 但他们使用的电源不同, TTL 为 5V, CMOS 为 3~18V, 互换时要注意电平的匹配。

使用国产 IC 也要注意可靠性, 要尽可能选用质量高和温度档次高的产品。在同一温度档次下, 选自身功耗小的。如本节第一例中, 用 F007 取代 SN52709 就比用 F709 可靠。F007 自身功耗比 F709 小, 允许功耗又比 F709 大, 且 F007 有短路保护和失调电流调整功能, 不要外接补偿元件, 这就大大提高了可靠性。

3. 用集成电路取代分立元件

有的设备某一插件电路全由分立元件组成, 这些分立元件的组合仅相当于一只 IC 的作用, 且分立元件修理又很不方便, 可用 IC 来取代。如功放集成电路 TDA2030、TBA800 等和由分立元件组成的功放电路性能相同, 且使用方便, 外接元件也少。

例如: 某轮一设备的稳压电源电路为分立元件, 结构繁、元件多、板面排列又密, 且用树脂涂上, 修理很困难。具体电路如图 1-14a) 所示。它输出电压为 $\pm 12V$, 负载电流约

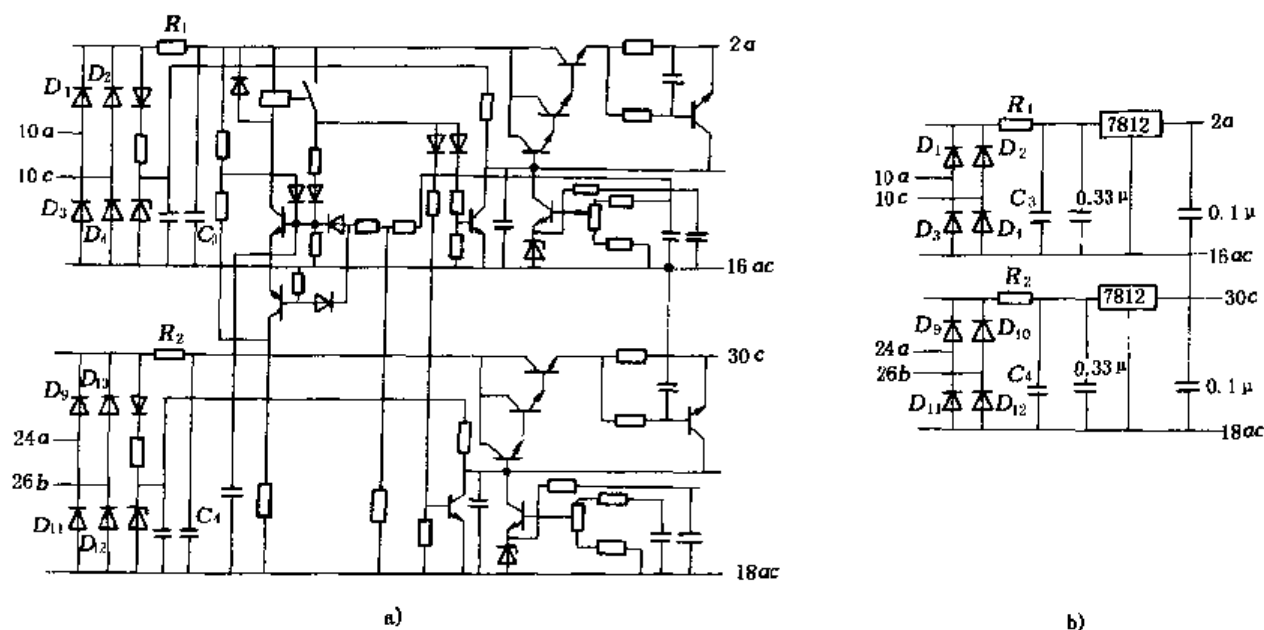


图 1-14 某轮一设备的稳压电源电路图

a) 分立元件的稳压电源电路; b) IC 元件的稳压电源电路

650mA, 据此可选用国产 W7812 集成块。W7812 三端固定 (输入、输出及公共端), 不需外接元件, 且内部有过流保护、芯片过热保护和调整管安全工作区保护, 性能可靠。它最大输出电流为 1.5A, 输入电压范围为 14~35V。图 1-14a) 经 $D_1 \sim D_4$ ($D_9 \sim D_{12}$) 整流和 C_3 (C_4) 滤波后, 电压为 19V, 在其输入范围内。改用 IC 后的电路如图 1-14b) 所示。比较图 1-14a)、b) 后者要简单得多, 维修也方便。原电路多余元件拆下后空间很大, 可加大 W7812 的散热片。

用 IC 取代分立元件应注意的是: IC 功能应与原电路相同, 取代后电路要简单, 维修要方便, 可靠性要高。

4. 老化元件的利用

一些检测性元件，如光敏、热敏、气敏等元件，虽未失效，但灵敏度降低后会使整机失灵，维修时就要将其换掉，或者设法通过调整提高其灵敏度，使设备恢复功能。

例如：某轮烟火报警器的烟火检测插件板，其电路见图 1-15a)，联邦德国造。因光敏电阻 R_g 老化导致系统失灵。 R_g 体积较大，灵敏度很高，此件已不生产了。我们先分析其工作原理： L_1 灯常亮，它装在管道 A 内，见剖面示意图（图 1-15b）， R_g 装在管道 B 内，C 是烟道，里面涂有一种不反光的黑色物质。无烟时， L_1 发出的光照不到 R_g 上， R_g 阻值无穷大，图 1-15a) 中 IC_4 输出低电位。当有烟进入 C 管后，烟与管内黑色物质相比可以反射光， R_g 接受到反射光后，阻值减小， IC_3 、 IC_4 输出高电位，控制报警。由此可见，靠烟尘反光很微弱， R_g 要把这微弱的光反应出来，灵敏度要相当高。正常情况下，调节 R_{12} 可以改变检测电路的灵敏度，当 R_g 的灵敏度降低后，调节 R_{12} 就失效。要提高电路的灵敏度就要提高 R_g 的灵敏度。办法很简单，就是在 R_g 后面加一电流放大环节，如图 1-15c) 所示。这样检测电路的灵敏度就会大大提高。为防灵敏度过高，可把 R_1 减小些。经过适宜的调整后使整机恢复正常工作。

上述这种情况较常见，如半导体感温器、传感器等，灵敏度降低后就可采用这一办法。其他类似情况只要具体分析电路，就能找到与之相应的办法。

5. 自行改制插件

修理中常会遇到“封闭式”插件，即电路板用树脂或其他材料封起来。这种电路如有图纸且能设法打开方能进行修理，而有的既无法打开又没有图纸，这种情况如系统不复杂，且能据整机原理推断出这一电路的概况，就可自行改制这部分电路。

图 1-16 是某轮可控硅吊机的可控硅触发系统电路图（这是据实物测绘出的）。该系统无原理图，电路图中实线方框是用环氧树脂封住的电路，表面只有两只旋钮，用以调可控硅触

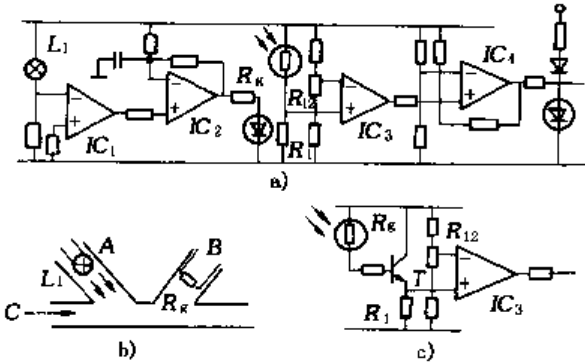


图 1-15 烟火检测插件板电路图

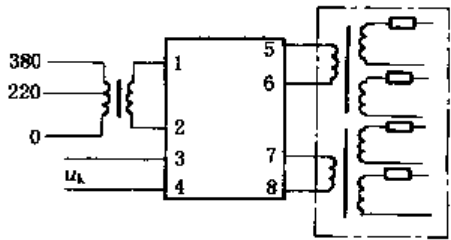


图 1-16 某轮吊机可控硅触发电路图

发角。实测图 1-16 的数据为：变压器为 380V/12V，3~4 端为控制端电压（0~5V），可控硅交流侧电压为 252V，直流输出为 0~100V（这部分图中未画出）。据这些数据可以确定类似于方框内的电路。用国产 KC04 集成块组成触发电路就能满足要求。脉冲变压器仍利用原来的，具体电路如图 1-17 所示。

调节 R_K 、 R_Y 、 R_P 可实现控制电压 0~5V。可控硅输出 0~100V。调节 R_7 、 C_2 可以改变触发脉冲宽度。原变压器不能使用，将其改用 380V/36V、5W。同步电阻

$$R_4 = \frac{\text{同步电压}}{2 \sim 3} \quad (\text{k}\Omega)$$

KC04 适用于单、三相全控桥式电路中作双路脉冲移相触发。具有输出负载能力大，移

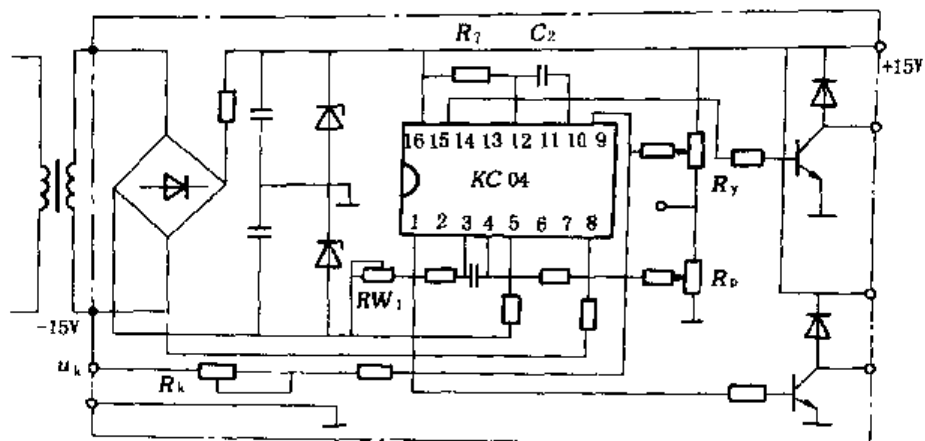


图 1-17 KC04 集成块组成触发电路

相性能好，移相范围宽，对电压同步要求低等特点。完全可以取代图 1-16 方框中的电路。KC04 最好选温度范围为 $-55 \sim 125^{\circ}\text{C}$ 的 I 类产品。

应当指出：本章所介绍的是常用的故障诊断方法，是属于离线故障诊断，此外还有在线故障诊断方法，比如说模型诊断方法，模糊神经网络诊断仪等等。读者感兴趣时可参阅有关书籍。

第二章 船舶电气设备维修常用仪表及其使用

在进行电气故障诊断时，必须借助仪器、仪表来进行检测，从检测的结果进行分析，判断出故障点，所以，本章介绍常用仪器、仪表原理及正确使用方法。

第一节 万 用 表

一、指针式万用表

(一) 概述

万用表实际上是用一个比较灵敏的永磁动圈式直流电流表（如直流微安表），借助于特制的步档式转换开关，将一些电阻器、半导体整流器、电池等器件，连接成各种电路，以进行直流电流、电压、电阻和交流电压测量的仪表。此外，万用表刻度盘上尚印制有测量音频输出电平的分贝（dB）刻度，它是使用交流电压的档级进行测量。有些万用表外接 50Hz 交流电源，并利用交流电压的适当档级，尚可测一定范围的电容量和电感量。

万用表的技术性能主要是以灵敏度，测量范围和测量准确度等项目来表征，它的标志符号和具体指标大都刻在万用表的刻度盘上和开关板上，表 2-1 列出万用表常用的符号、数字及表示意义。

万用表上常用的符号与数字 表 2-1

符 号 与 数 字	表 示 意 义
	直流电表的制式——永磁动圈式
	交流电表的制式——交流式
Ω	测量直流电阻的刻度
DC 或 —	测量直流电流或直流电压的刻度
AC 或 ~	测量交流电压的刻度
dB 或 dB	测量输出电平的刻度
2.5 或 -2.5	直流电流和直流电压的准确度为 2.5 级（ $\pm 2.5\%$ ）
4.0 或 ~4.0	交流电压和输出电平的准确度为 4.0 级（ $\pm 4.0\%$ ）
Ω 2.5 或 Ω 2.5	直流电阻的准确度为 2.5 级（ $\pm 2.5\%$ ）
20000 Ω /V—	直流电压档级的灵敏度为 20000 Ω /V
5000 Ω /V~	交流电压档级的灵敏度为 5000 Ω /V
0dB=1mV600 Ω	0dB 的电功率基准
45~1000Hz	音频测量范围
 3kV 或 	机壳与电路的绝缘试验电压为 3kV
	防外磁场的等级为三级（不超过满度值的 $\pm 2.5\%$ ）

万用表的灵敏度 S 是用欧姆每伏特（ Ω/V ）来表示的，即使用 1V 电压使电流表通过满度值电流 A_0 所串接电阻值，其表示式为：

$$S = \frac{1}{A_0} (\Omega/V)$$

如使用 $100\mu\text{A}$ 直流微安表为“表头组件”的万用表，它的灵敏度 S 为：

$$S = \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 10 \times 10^3 = 10\text{k}\Omega/\text{V}$$

由此可见，万用表的 Ω/V 数值愈大，说明“表头”组件的灵敏度愈高（一般万用表的灵敏度 S 约为 $5\text{k}\Omega/\text{V}$ ）。

（二）万用表的基本原理

1. 测直流电流的工作原理

如图 2-1 所示，各量程的分流器电阻 R ，都是由互相串接的分流电阻 r 组成的。即：

$$R_1 = r_1$$

$$R_2 = r_1 + r_2$$

$$R_3 = r_1 + r_2 + r_3$$

当量程转换开关 K 扳置 I_3 档级，即量小电流量程时，因为并联电路的电压降相等，即：

$$i_0 r_i = (I_3 - i_0) R_3$$

所以：

$$I_3 R_3 = i_0 (r_i + R_3)$$

当 K 扳置 I_2 档级时，同理可得：

$$i_0 (r_i + r_3) = (I_2 - i_0) R_2$$

$$I_2 R_2 = i_0 (r_i + r_3 + R_2) = i_0 (r_i + R_3)$$

由此可知，在分流电路中，各电流量程 I 和相应的分流器电阻 R 的乘积总是相等的，即：

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = I_n R_n$$

由于 i_0 和 r_i 为已知数，因此可根据最小电流量程 I_3 ，来确定分流器电阻 R_3 的阻值，然后在计算出 $I_3 R_3$ 的基础上，根据不同的电流量程 I_1 、 I_2 来确定相应的分流器电阻 R_1 、 R_2 ，最后就能求出分流电阻 r_1 、 r_2 、 r_3 的数值。

2. 测直流电压的原理

测直流电压的万用表的内部电路原理图如图 2-2 所示。

根据欧姆定律，要使一个具有内阻 r_i 的直流微安表，通过满度值电流 i_0 所需的直流电压 V_0 为：

$$V_0 = i_0 r_i$$

如： $i_0 = 100\mu\text{A}$ ， $r_i = 1500\Omega$ ， $V_0 = 15\text{mV}$ ；所以，一般的直流微安表可作为毫伏表用，为了扩展量程，电路中串入电阻 R_S ，则各参量之间的关系为：

$$V = i_0 (r_i + R_S)$$

$$R_S = \frac{V - i_0 r_i}{i_0} = \frac{V}{i_0} - r_i$$

因为表头的灵敏度为

$$S = \frac{1}{i_0} (\Omega/\text{V})$$

所以：

$$R_S = VS - r_i$$

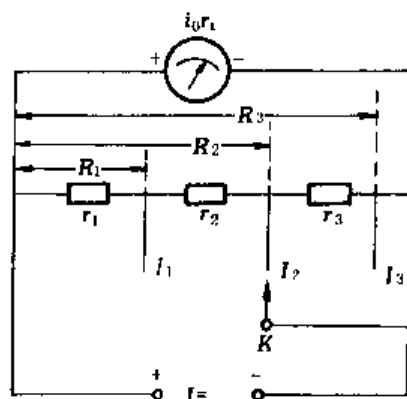


图 2-1 测直流电流的电路原理

这样，由图 2-2 可见：

$$R_1 = V_1 S - r_i$$

$$R_2 = V_2 S - r_i$$

$$R_3 = V_3 S - r_i$$

⋮
⋮
⋮

$$R_n = V_n S - r_i$$

可见，量程越大，串入的电阻 R 也就越大，由 i_0 和 r_i 或 S 和电压量程 V_1 、 V_2 、 V_3 就可计算出相应的 R_1 、 R_2 、 R_3 ，然后再以大减小就可以求出电阻 r_1 、 r_2 和 r_3 的数值。

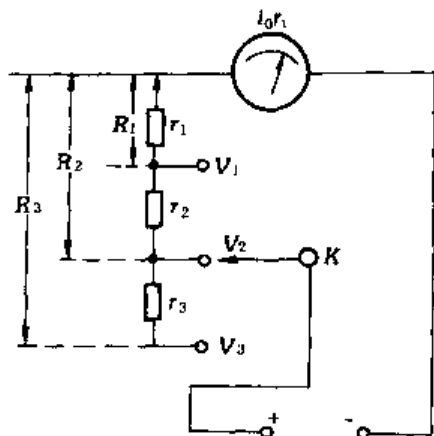


图 2-2 测直流电压的原理图

3. 测量交流电压的原理

万用表的交流电压档级是采用整流电压表的结构，如图 2-3 所示，当交流电压正半波时 D_2 导通，于是在表头 r_i 和分流电阻 R 上产生整流电流，使表头指针偏转，二极管 D_1 为反向保护二极管。如果没有 D_1 ，则负半周时反向电压几乎全部加在 D_2 。有了 D_1 之后，负半波输入时导通，使其两端电压很低，不至于击穿 D_2 。 R_S 就是为了扩大量程串入的电阻，测量的原理与测量直流电压原理一样，这里不重述，只不过需把交流电通过整流器转换为直流。

一般的万用表都是直接使用交流电压档级来测量音频信号的输出电平，并且用最低量程的交流电压值，作为印制 dB 刻度的依据。但是，为了隔离被测电路中的直流电压，某些万用表另行装置“输入”测量插口，由此内串入 $0.1 \sim 1\mu F$ 的电容器后，再加信号电压到交流电压档级。

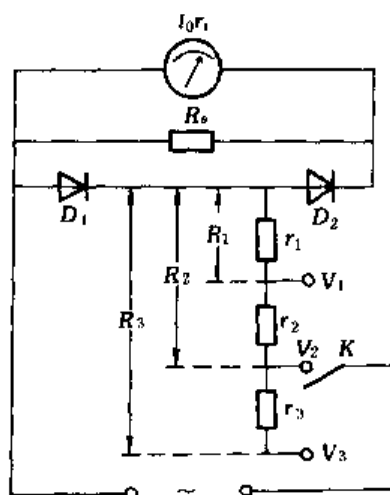


图 2-3 半波整流式交流电压表原理电路图

4. 测直流电阻的原理

万用表测量电阻的电路，是基于电压——电流法的基本原理，即使用定压的内接电池，相应量程的直流电压表或者适当量程的直流电流表、内接“中值”电阻器和被测电阻元件，连接成“串联分压法”、“串联限流法”和“并联分流法”三种测量电阻，其基本测量原理如下：

(1) “串联分压法”测阻电路

如图 2-4 测阻电路：

$$V_{01} = \frac{R_{01}}{R_{01} + R_X} E$$

$$R_X = \frac{ER_{01} - V_{01}R_{01}}{V_{01}}$$

$$= \left(\frac{E}{V_{01}} - 1 \right) R_{01}$$

当 $R_X = 0$ 时， $V_{01} = E$ ；

$R_X = \infty$ 时， $V_{01} = 0$ ；

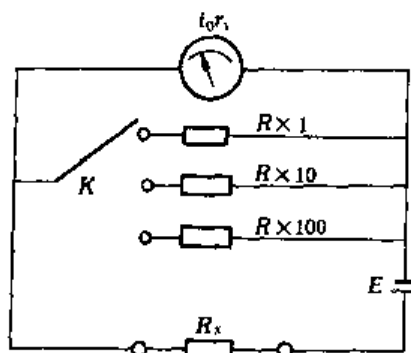


图 2-4 串联分压法

$$R_x = \frac{1}{2} R_{01} \text{ 时, } V_{01} = \frac{1}{2} E。$$

由此可见, 直流电压表指示值 V 就是相对应的 R_x 值, 只要在刻度盘上标刻电阻值, 为了扩大量程, 分别切换串联分流电阻。其值:

$$R_{on} = R_{01} \times 10^{n-1}$$

(2) “串联限流法” 测阻电路

如图 2-5 所示, 不计 r_i , 由电路可得下列关系:

$$i = \frac{E}{R_0 + R_x}$$

式中: R_0 ——为内接限流电阻;

R_x ——为被测电阻。

那么

$$R_x = \frac{i_0 R_0 - i R_0}{i} = \left(\frac{i_0}{i} - 1 \right) R_0$$

其中: $i_0 R_0 = E$, i_0 为电流表满值。

当: $R_x = 0$, $i = i_0$,

$R_x = \infty$, $i = 0$,

$$R_x = R_0, i = \frac{1}{2} i_0$$

由此可知, 直流电流表的指示值 i 就是对应的 R_x 值, 并且 Ω 刻度中间的阻值, 和内接限流电阻 R_0 相等 (也称为中值电阻)。为了扩大量程, 必须在每个测阻档中串入不同的限流电阻 R_0 。因为直流电流表的相应档级满度值 i_{on} 为:

$$i_{on} = \frac{E}{R_{on}}$$

也不相同。所以, 要求在转换测电阻时, 同时转换 R_{on} 和 i_{on} 。由于 E 为定值, 因此 R_{on} 的增大倍数和 i_{on} 的缩小倍数是相同的。如果 i_{on} 已转换到最小量程 (如图 2-5 $R \times 1k$ 档级), 还要扩大量程, 就应按同一倍数增大 R_0 和 E , 如图 2-5 中 $R \times 10k$ 档级所示。设步档开关 K 扳置于 $R \times 1k$ 时, $R_{03} = 15k\Omega$, $E_1 = 1.5V$, 则:

$$i_{03} = \frac{1.5}{15 \times 10^3} = 100\mu A$$

为最小电流量程。因此, $R \times 10k$ 档级的 $R_{04} = 10R_{03} = 150k\Omega$, 而 $E_1 + E_2 = 10E_1 = 15V$, 则:

$$i_{04} = \frac{15}{150 \times 10^3} = 100\mu A$$

可以满足测量要求。

(3) “并联分流法” 测阻电路

无论是采用“串联分压法”或者“串联限流法”

的电路设计, 万用表的 $R \times 1$ 测电阻档级在 $R_x = 0$ 时, 内接电池 E 所提供的电流已经相当大。设 $R_0 = 15\Omega$, $E = 1.5V$, 则 $R_x = 0$ 时, 电路中的电流 I 为:

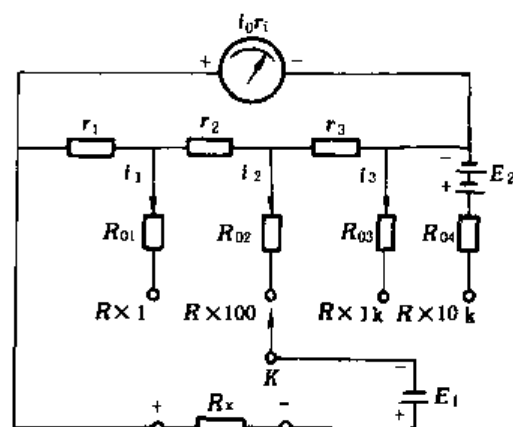


图 2-5 串联限流法

$$I = \frac{E}{R_0} = \frac{1.5}{15} = 0.1\text{A} = 100\text{mA}$$

并且测定 1Ω 以下阻值的准确度也较差。如果要测量更小的阻值, 势必使用更小的“中值电阻” R_0 , 则电池的电量就更加不足。因此, 某些万用表(如 500 型万用表)的最低电阻值档级, 采用“并联分流法”测阻电路的设计, 可测量小于 1Ω 的阻值, 如图 2-6 所示。这里, “中值电阻” R_0 和“表头组件”构成一个直流表, r_s 为限流电阻, K 为测阻开关, E 为内接电池。被测电阻 R_x 和 R_0 并联, 对“表头组件”起分流作用, 此即“并联分流法”的由来, 而 R_0 又称为内接分流电阻。

在 $r_i \gg R_0$ 的条件下, 当未接 R_x 时, 通过“表头组件”的电流 i 应等于满度值 i_0 , 即:

$$i = \frac{1}{\left(\frac{r_i}{R_0} + 1\right)} I \approx \frac{IR_0}{r_i} = i_0$$

此时电流 I 为:

$$I = \frac{i_0 r_i}{R_0}$$

因此, 限流电阻 r_s 约等于

$$r_s \approx \frac{E}{I}$$

当接上被测电阻 R_x 时, “表头组件”的等效分流电阻 r_p 为:

$$r_p = \frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x} = \frac{R_0}{\frac{R_0}{R_x} + 1}$$

为了分析方便起见, 设电流 I 不受 r_p 的影响而保持恒定, 则通过“表头组件”的电流 i 为:

$$i = \frac{I r_p}{r_i} = \frac{i_0 r_p}{R_0} = \frac{i_0 r_p}{\frac{R_0}{R_x} + 1}$$

由此可求出 R_x 为:

$$R_x = \frac{i_0}{\left(\frac{i_0}{i} - 1\right)}$$

当 $R_x = \infty$ 时, $r_p = R_0$, $i = i_0$;

$R_x = 0$ 时, $r_p = 0$, $i = 0$,

$R_x = R_0$ 时, $r_p = \frac{1}{2} R_0$, $i = \frac{1}{2} i_0$;

由此可知, 直流电流表的指示值 i 就对应的 R_x 值, 并且 Ω 刻度中间的阻值也是和内接分流电阻 R_0 相等的。这是“并联分流法”测电路的基本原理。

(三) 指针式万用表的使用方法与技巧

1. 交直流电压测试

1) 选择对应交、直流电压量程: 在未知被测量大约值时, 先用大量程试测, 估计, 然

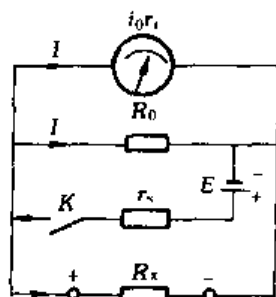


图 2-6 并联分流法

后，选择合适的量程，即：尽量使指针指在 $2/3$ 左右的量程中，保证读数的精度。

2) 连接测试电路：通过表笔与被测电路并联，若测直流电压，应把红表笔接被测电路的正端，黑表笔接被测电路的负端（不宜接反）。在被测直流电路极性不明时，选用大量程，用表笔很快地试触电路，看其指针偏转方向，判明极性，然后，选择合适量程测试。

3) 读数：根据表头指针指在相应刻度线上的位置和所选量程获得对应的读数。

2. 直流电流的测试

1) 选择量程：选择量程的要求与测量直流电压时一样。

2) 连接被测电路：万用表与被测电路串联，红表笔接电路的流入方向，黑表笔接电流流出方向，表头作出指示。

3) 读数：根据指针指在相应刻度线上的位置和所选量程获得对应的读数。

3. 音频电平测试

1) 此时把红表笔插入“DB”插口。

2) 选择量程，具体参见“测交、直流电压”项。

3) 连接被测电路：万用表与被测电路并联。

4) 读数：根据所选量程和指针所指的对应刻度线（ $-10\text{dB} \sim +20\text{dB}$ ）上的位置，确定被测电平值。如果选用 $10\text{V} \sim$ 档量程时，直接由 $-10\text{dB} \sim +20\text{dB}$ 刻度线读数；如果选用 $50\text{V} \sim$ 档量程时，为表头读数 dB 值加上 $+14\text{dB}$ ；如果选用 $250\text{V} \sim$ 量程时，为表头读数 dB 值加上 28dB ，具体可见表头下角的“ $\sim \text{dB}$ 表”。

4. 直流电阻的测试

1) 选择合适量程：选择开关上各档电阻值的倍数，具体要求与测电压相似。

2) 表头调零：在选定量程后，把两表笔碰在一起，使表头指在零位置上，若不在零位置，可通过调整旋钮，使指针指在零位置上，若调节旋钮达不到零位置，说明电池电压低了，应更换电池。注意，每切换一档量程，都必须调零。

3) 连接测试电路或元件：表笔与被测电路元件并联。必须注意，在测电路电阻时，必须切断电路电源，若电路中有大电容必须先使其放电，然后测量；对测大阻值元件时，两手不能触及元件或表头的导电棒，以免影响测量精度。

4) 读数：根据表头指示读数乘上量程值，即得电阻值。

5. 电容器的测试

1) 漏电的检查：用万用表的最高电阻量程（ $R \times 1\text{k}$ 或 $R \times 10\text{k}$ ）进行测试；万用表调零后，当表笔一搭上两个电容器引线，表示指针很快偏转到零位置，然后，慢慢地回到电阻为无穷大（ ∞ ）处。如果指针回不到无穷大（ ∞ ）处，则表头指针所示的读数乘上量程，即为电容器的漏电阻。一般电容的漏电阻值在几十至几百兆欧（电解电容器除外）。进行测量时两手不得触表笔导电棒。

2) 电容量的测试：用万用表的电阻档来判别电容量大小或是否减少；选择电阻档合适量程，两表笔搭在电容器的引线上，若指针很快向零方向偏转或到零位置，然后，慢慢地向回到电阻无穷大方向，若回复的速度很慢，而且向零方向偏转越大，说明电容量大，反之，电容量小或电容变质。也可以用新的同型号同容量电容与其作比较，若被比较的电容器是好的，其偏转幅度，回复速度应基本相同，否则，被比较的电容器变质。

3) 电解电容器极性判别：可根据电解电容器在正接时漏电小，反接时漏电大的特点来判别。若以漏电大时，黑表笔所搭的一端是电容器的“-”端，红表笔搭的是电容器的

“+”端。

6. 二极管的测试

这是利用二极管的单向导电性能，即：二极管具有正向电阻值很小，反向电阻值很大。用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 的电阻档来测量：正向电阻一般都比较小，而反向电阻都比较大。同时，也可用正、反电阻来判别二极管的极性，当测得电阻很小时，黑表笔所搭的一端为“+”端，而红表笔所搭的一端为“-”端。若测得正、反电阻都很大，说明管子内部断路，若测得正、反向电阻都很小，甚至为 0，说明管子击穿，这两种情况下管都已损坏，不能用。

7. 三极管的测试

1) 管型 (PNP 型和 NPN 型) 判别：因为三极管内部有两个 PN 结，即发射结和集电结，我们就可以利用 PN 结的单向导电性，通过测两个 PN 结的正、反电阻来判别是 PNP 型管，还是 NPN 型管，而且，还可以判别基极。测量方法：用万用表选择 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k$ 档，红表笔任意接触被测三极管的某一个管脚，黑表笔分别接触另外两个管脚，均测得几百欧的低电阻，则，被测管为 PNP 型管，而且，红表笔的接触的管脚为基极 b 。如果与上述相反（以黑表笔接触一个管脚），测得两个阻值均为几百欧到几千欧低电阻，则被测管为 NPN 管，并且，黑表笔接触的管脚为基极 b 。

2) 发射极 e 、集电极 c 的判别：对于有 h_{FE} 档万用表：由 1) 测出基极 b ，这里只需把两个管脚插入万用表的 e 、 c 极插座中，测得一个 h_{FE} 值，再交换一下两个已知脚，又可测得 h_{FE} 值。比较两个 h_{FE} 值，大的那一次是管脚与坐标极性一致。

3) 管子质量好的判别：一般而言，三极管质量好坏，可以从两个 PN 结的正、反电阻大小， h_{FE} 电流放大倍数来判别。选择 $R \times 100\Omega$ 或 $R \times 1k$ 档，测量发射结和集电结电阻，质量好的中、小功率三极管，对于硅管发射结、集电结的正、反电阻为几百欧至一千欧左右，反向电阻为几百千欧以上。

对于 NPN 管，黑表笔接触 c 极，红表笔接触 e 极，一般 e 、 c 极间电阻为 $50k\Omega$ 以上 ($30 \sim 50k\Omega$ 间还可使用)，而对于 PNP 管，把表笔对调一下测。若测得发射结、集电结的正向电阻为无穷大，说明发射结或集电结内部开路，若测得阻值为零或很小，说明管子击穿或损坏。

8. 可控硅测试

1) 电极判别：一般对大功率可控硅 SCR 而言，控制极 G 引线比较细，而对于小功率可控硅，很难从外表来判别，可以查找手册或测试。万用表选择 $R \times 1k$ 档，并将可控硅其中一个电极假定为 G 极，与黑表笔接触，然后，用红表笔分别接触，余下两个极。若有一次出现正向导通，则假定的控制极 G 是对的，而导通那次红表笔所接触的是阴极 K ，余下的一极为阳极 A ，如果两次均不导通，说明 G 极假定不对，可重新假定 G 极。

2) 极间电阻测量：用 $R \times 1k$ 或 $R \times 10k$ 档，测阳极 A 和阴极 K ，测得电阻都应在几百千欧以上，才属正常；用 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 档测控制极 G 和阴极 K 正、反向电阻，正向电阻为几欧或几百欧，而反向电阻要比正向电阻明显地大一些（有几百欧姆），就可认为正常，如果测得正向电阻近似等于零或大于数千欧，说明可控硅已损坏。

9. 使用注意事项

①测量前，应把万用表水平放置；

②按物理量来选择转换开关位置，按被量大小来选择量程，不知其大小，由大量程逐一

切换到合适量程；

③要先看转换开关位置，后测量；

④用毕，把转换开关置在交流电压 500V 档。

二、数字式万用表

(一) 数字式万用表工作原理

目前，数字式万用表的品种、型号很多，但是，普及型的数字式万用表的电路构成、装配结构、性能指标大同小异。它的电路

结构框如图 2-7 所示。其中：转换开关，是用来选择万用表测试功能，一般的数字式万用表具有：测量直流电压 (DCV)，交流电压 (ACV)，直流电流 (DCA)，交流电流 (ACA)，电阻 (Ω)，二极管的正向压降 (VF)，三极管的共发射极电流的放大倍数 (h_{FE})，以及电容等。I/V 变换器：是把电流信号变换为直流 (DCV) 信号；AC/DC 变换器：是把交流 (AC) 变换为直流电压 (DCV) 信号；C/V 变换器：把电容信号变换为直流电压信号； Ω/V 变换器：把电阻信号变换为直流电压信号 (DCV)；A/D 变换器：是把直流电压模拟信号变为数字量的数字脉冲信号；显示器：是液晶显示器。

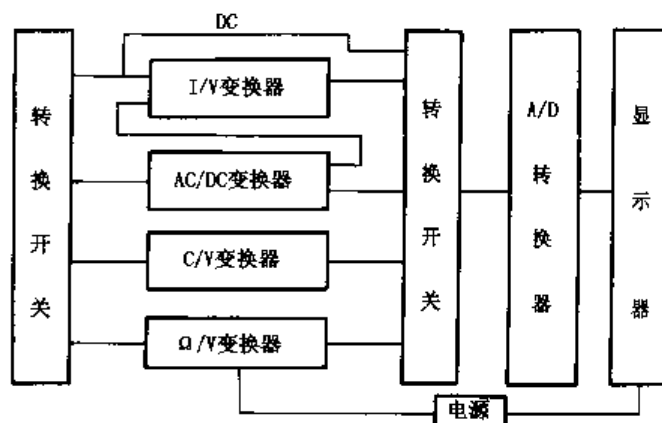


图 2-7 数字式万用表电路结构图

信号；C/V 变换器：把电容信号变换为直流电压信号； Ω/V 变换器：把电阻信号变换为直流电压信号 (DCV)；A/D 变换器：是把直流电压模拟信号变为数字量的数字脉冲信号；显示器：是液晶显示器。

它的工作原理是这样的，通过选择开关，把所要测量的信号取进来，以测量交流电流为例，功能档选在 ACA，首先，通过交流直流变换器 (AC/DC) 变为直流电流信号，把这个直流电流信号再通过电流变换器变为模数变换器所要求的直流电压 (DCV) 信号，把这个直流电压信号通过模数变换器 (A/D)，变换为数字量，这个数字量就在显示器上显示出。显示器上的读数就是被测的交流电流值。所以，实际上数字式万用表，就是把指针式万用表的有关被测量变换为直流电压信号，再把这个模拟的电压信号变换为数字量，以数字量方式显示出来。用模/数变换器和显示器取代了指针结构。

它的装配结构很简单，像 DT860 型数字式万用表，内部有一块 80 个脚的大规模集成电路 (ULIC) NJU9207F 和一块双运算放大器，NJU7002M 以及选择开关，必要的外围电路。使得整体紧凑，体积小等特点。

我们作为使用者而言，我们关心的是如何正确使用，不是内部结构以及具体电路组成，而且数字式万用表故障在船上除了外围电路元件失效可维复外，集成芯片和液晶损坏都无条件修复。

(二) 数字式万用表使用方法

数字万用表的使用方法与指针式万用表使用方法基本一样，不同的是，数字万用表使用时，必需把电源开关打开，使用后，对于无自动关断电源功能的数字式万用表必须关断电源。用数字式万用表测电压、电流、电阻与指针式万用表使用方法大体上是一样，这里不重复，下面介绍用数字式万用表测量电容、二极管正向压降、三极管的 h_{FE} 的方法。

1. 电容测试

将选择开关打到电容 (CAP) 合适量程后, 待测电容直接插入电容 “X” 或 “CAP” 插孔中读显示读数。但要注意, 在测较大电容时, 需待读数稳定后, 读取才比较准确。

2. 二极管测试

将黑表笔插入 “COM” 插孔, 红表笔插入 “ Ω ” 或 “V/ Ω ” 插孔。此时, 红表笔极性为 “+” (与指针式万用表正好相反), 黑表笔极性为 “-”。然后把选择开关打到测二极管档, 并把表笔接到被测二极管, 若显示 1V 以下, 则为该二极管的正向压降; 若显示溢出符号, 说明二极管反向截止, 此时, 应把表笔对调一下, 就可以测得二极管正向压降, 并且判别了二极管的极性。若正、反二次测量, 显示都为 “0”, 说明该二极管击穿; 若正、反二次测, 显示都为溢出符号, 说明该二极管内部开路。

3. 三极管测试

(1) 管型的判别: 判别 NPN 型管, 还是 PNP 型管时, 将数字万用表选择在测二极管档, 假定某一个极为基极, 并认为是 NPN 管, 用红表笔接触在这个假定极, 分别用黑表笔接触另两个极, 若这时测结果, 都是在 1V 以下, 说明假定是正确的。且知道是 NPN 管和一个基极。否则, 说明假定是错误的。应重新再假定一个, 再测, 若三个管脚都分别假定过, 测不到上述结果, 此时, 应用黑表笔接触假定基极再重复上述过程, 若管子正常, 就会测得上述结果, 而且, 可知道此被测管为 PNP 管及基极。若通过上述测量, 都得不到上述结果, 都是显示溢出符号, 说明管子内部有开路, 若显示都是 0 或 1V 以下, 说明管子击穿。

(2) 集电极 c 、发射极 e 和电流放大倍数 h_{FE} 测试: 由 (1) 判别出管型和基极 b , 把数字万用表选择开关打到与管型一致的 NPN 或 PNP 档, 再把被测管的基极 b 插入 h_{FE} 插座 B 插孔, 其余两个管脚分别插入 C 插孔和 E 插孔, 测出 h_{FE} 值, 然后, 把 C 插孔和 E 插孔的管脚对调, 再测一次, 两次测量中, 得到 h_{FE} 值较大的一次时的管脚极与插孔对应的极性, 而且, 较大的 h_{FE} 值就是该管子的电流放大倍数。若两次测得 h_{FE} 都相差不大, 而且很小或都较大, 说明管子性质失效, 不能用。

(3) 三极管性能的判别: 将数字万用表置于二极管档。对于 NPN 管, 当红表笔接 b 极, 黑表笔接 e , c 极时, 对性能良好的硅管子, 显示值一般在 0.5~0.7V, 少数在 1V 左右, 对于性能良好的锗管子, 显示一般在 0.1~0.35V。若黑表笔接 e 极时, 显示值为零, 说明发射结内部有短路, 若显示溢出, 说明发射结内部有开路, 同理, 若黑表笔接触集电极 c 时, 显示为 0, 说明它击穿, 若显示溢出, 说明它有开路。对于 PNP 管, 只需把表笔对调一下, 检测方法同上述一样。

4. 使用、保养注意事项

由于数字式万用表是一个电子仪表, 使用、保养应注意如下几点:

- ①不要随便拆卸、更换线路。
- ②应避强烈撞击, 以免损坏外壳及内部零件。应保持干燥, 不能被雨水淋浸。
- ③不要接高于规定测试的最大量程; 应按说明书, 如有的数字万用表的最大量程: 直流电压为 1000V, 交流电压为 700V。
- ④不要用 Ω 档去测电流、电压。
- ⑤在未装好电池时, 不要使用。
- ⑥在切换量程开头时, 应使表笔与被测电路脱开。
- ⑦更换电池或保险丝时, 应将 “POWER” 开关断开, 并把表笔分开, 同时注意电池极

性，更换保险丝时，还应注意与原型号、规格相符。

第二节 示波器

一、示波器的原理简介

示波器是利用电子射线的偏转来复现电信号瞬时值图像（常称时间波形）的一种仪器。它能快速地把肉眼不能直接看见的电信号的时变规律，以可见的形式，形象地显示出来。它不但能像电压表、电流表、功率表那样测试信号的幅度，也能像频率计、相位计那样测试信号的周期、频率和相位，而且还能测试调制信号的参数，估计信号的非线性失真，测试脉冲的上冲、下冲、平顶下垂、阻尼振荡等等，是船舶电气电子设备维修不可缺少的仪器。

示波器按其用途和特点，可分为五大类：①通用示波器，包括简易示波器、低频示波器、普通示波器、宽带示波器四种；②多束示波器；③取样示波器；④记忆、存储示波器；⑤特殊示波器。下面，我们简单叙述一下示波器原理。

示波器通常由主机、垂直偏转系统、水平偏转系统等部分组成。其构成方框图，如图 2-8 所示。其中主机主要包括示波器、Z 通道、电源和校准信号发生器等。垂直偏转系统（即 Y 通道）主要包括 Y 通道输入电路、Y 通道放大器等。水平偏转系统（即 X 轴通道）主要包括扫描发生器、同步触发电路和 X 通道放大器。

正弦信号波形（见图 2-9），通过垂直偏转系统（见图 2-10），使电子射线在示波管的垂直偏转板上的垂直偏转距离正比于被测信号的瞬时值，通过水平偏转系统，加入随时间线性

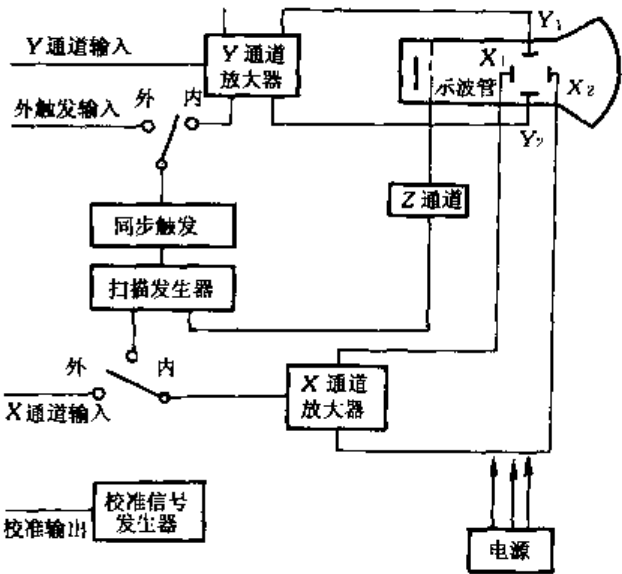


图 2-8 示波器构成方框图

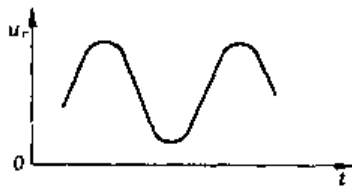


图 2-9 正弦信号

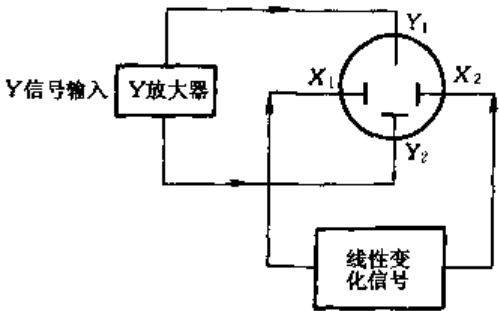


图 2-10 示波器工作原理示意图

变化的信号，即锯齿波形信号（见图 2-11），使电子射线在示波器水平偏转板上的水平偏转距离正比于时间，于是示波管的屏幕上就会得到输入信号的时间波形。

如果在 Y 轴通道加正弦电压、X 轴通道加锯齿电压时，屏幕上光点的运动轨迹如图 2-12。

为了分析方便起见,时间分成若干小段。当 $t = t_1$ 时,垂直偏转板和水平偏转板的电压都等于零,屏幕上的光点在零点“ A ”,当 $t = t_2$ 时, Y 轴和 X 轴偏转板上都加有电压, Y 轴偏转板的上板为正, X 轴偏转板的右板为正,屏幕上光点向右上方移动。光点在屏幕上的位置为“ B ”,以下依此类推。随着 Y 通道电压的变化,光点上下移动,因 X 通道所加电

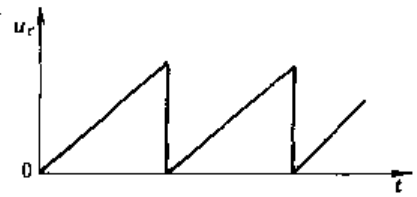


图 2-11 锯齿形波信号

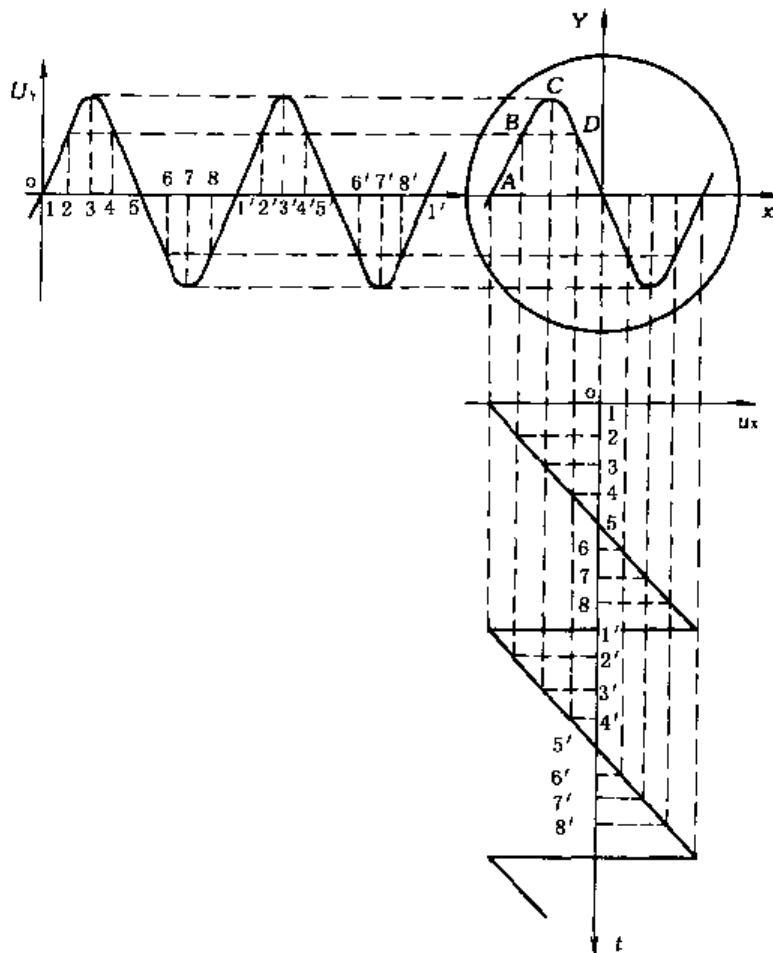


图 2-12 时间波形显示原理图

压随着时间增加,屏幕上就形成了与外通道外加电压相同的波形。当光点到达“ $t = t_1$ ”时, Y 通道电压变化一周, X 通道电压立即回到零,光点也恢复到“ A ”点。第二个周期又进行同样的移动。如果正弦波的频率是锯齿波的二倍,即 $f_Y = 2f_X$ (式中 f_Y 是输入 Y 通道的待测信号的频率, f_X 是锯齿波的频率),或者说电子束沿水平方向移动的时间等于正弦电压的两个周期,这时在屏幕上就可以观察到两个正弦波的周期。由此推理,当 $f_Y = nf_X$ (n 是整数时),屏幕上就能显示 n 个周期的清晰波形。

如果 f_Y 与 f_X 之间不是整数倍的关系 (n 不是整数),波形就不能完全重叠,不易看出完整、清晰的波形。要想使 f_Y 与 f_X 保持整数倍关系是困难的。因为任何信号发生器的频率不可能绝对地保持不变,示波器里的锯齿波发生器当然也不例外。解决这个问题的办法,并不是使 f_X 保持绝对稳定,而是用待测信号也同时去控制锯齿波发生器,使锯齿波的频率 f_X 能跟随 f_Y 作些微小的变化,以保持 f_Y 与 f_X 成整数倍的关系。当使 f_Y 是 f_X 的整数倍时,即可谓达到了同步。达到同步时,屏幕上的波形稳定不动,在没有达到同步时,波形是

不稳定的。

二、示波器使用方法

在使用示波器进行测试工作之前，必须阅读其技术说明书。对着说明书熟悉前、后面板的开关、按键、旋钮、指示灯、接口、插座的功能作用。只有通晓其使用方法、功能作用后，才能使用。一般而言，示波器的使用方法如下：

(1) 检查电源电压是否与示波器电源电压相符合。

(2) 接通电源后，预热 5min 左右，以保证示波管灯丝的预热，同时，使晶体管、集成电路、CRT 和其他电子元器件都接近或达到正常工作温度，才开始调节和观测。

(3) 调节“辉度”旋钮，使其亮度合适；调节“Y 轴位置”和“X 轴位置”旋钮，使电子束在适当中间位置；调节“X 轴扫描”时间因数旋钮（即扫描旋钮）与“X 轴增幅”（水平放大扩展）旋钮，使“时间基线”适当拉长或缩短。对于数字式示波器，只需按下“AUTO” TIME/DIV 开关，信号被检测，扫描时间范围自动改变，在荧光屏（CRT）可显示 1~4 个波形。

(4) 选择触发（或同步）信号来源与极性。

若触发信号是外接，就把开关打到外部位置，若为内部，就打到内部位置：将触发（或同步）信号极性开关置于+或-档。

(5) 选择 Y 轴耦合方式：根据被测信号频率的高、低，将 Y 轴输入耦合方式“AC—地—DC”开关置于 AC 或 DC。

(6) 输入被测信号：被测信号由探头衰减后（或由同轴电缆不衰减直接输入，但此时的输入阻抗降低，输入电容增大），通过 Y 轴输入端输入示波器。

(7) 选择 Y 轴灵敏度：根据被测信号的大约峰值，将 Y 轴灵敏度开关选择 V/DIV 开关（或 Y 轴衰减开关）置于适当档级。然后调节 Y 轴灵敏度微调旋钮，使屏幕上呈现所需高度的波形。

(8) 选择扫描速度：对于没有自动扫描跟踪的示波器，被测信号输入后，显示器上波形不稳定，甚至没有波形，这时，根据被测信号周期（或频率）的大约值，将 X 轴扫描速度 T/DIV（或扫描范围）开关置于适当档级，然后，必要时再适当调节扫描速度 T/DIV 微（或扫描微调）旋钮，使显示器上显示测试所需要的周期数的波形，如果需要观察的是信号的边沿部分，如可控硅两端波形，则扫描速度 T/DIV 开关应置于最快扫描档。

(9) 调整显示波形的宽窄：在观察被测信号随时间变化的波形时，先将“X 轴衰减”旋钮置于“连续”或“触发”位置，然后旋转“扫描频率”（范围）旋钮，使之和输入信号的频率相适应。若波形过密，即波形数目过多，则扫描频率选得过小，应适当增大，反之，则波形过稀，应适当减少扫描频率。

旋转“X 轴增幅”旋钮，以调整显示波形的横向宽度，一般调至波形的左右两端接近荧光屏的边缘，波形比较合适。

如果观察的信号不是随时间变化的波形，而是随另一电量变化的波，这时另一电量从 X 轴输入，并根据输入电压的大小，选取适当的“X 轴衰减”位置。这时就不再需要调节扫描旋钮。

(10) 触发（或同步）扫描：缓缓调节触发电平（或同步）旋钮，屏幕上显示稳定的波形，根据观察需要，适当调节电平旋钮，以显示相应起始位置的波形。

总之，不同产家，不同型号的示波器使用方法和步骤有所不同，读者应仔细阅读示波器对应的使用说明书。才能做到正确使用。

第三节 兆 欧 表

兆欧表是一种用来测量绝缘电阻的常用仪表，是船舶电气设备绝缘检查和维修不可缺少的仪器

电气线路和设备的绝缘好坏，用绝缘材料的绝缘电阻大小来表示。测量绝缘电阻的大小的原理与测一般电阻大小原理一样，即在电阻两端加上一个固定的电压，若流过的电流越小，则被测电阻就越大。因此，实际上是电流的测量，只是电表的刻度标注了相应的电阻值，绝缘电阻的阻值通常以百万欧姆（ $M\Omega$ ）作为单位，所以测量绝缘电阻的仪表称兆欧或梅格（Megohm）表。可见，它由电源和测量二部分组成。电源是一个手摇永磁式直流高压发电机，但也有用于手摇交流发电机经倍压整流后获得直流高压。对不同工作电压的线路和设备，其绝缘电阻和测量应选用不同等级电压兆欧表。一般说来工作电压高的线路和设备，测量绝缘的兆欧表的电压也相应高。兆欧表的电压有 100V、250V、500V、1000V 等多种。线路或设备的工作电压小于 100V 时，选用 250V 的兆欧表，工作电压在 100~500V 时，选用 500V 的兆欧表。

测量机构是一个磁电式流比计，其转动部分是装在转轴上的二个互成一定角度的线圈 YQ 及 LQ，转轴上端装有指针，见图 2-13。转动部分没有产生反作用力矩的游丝。所以，当两线圈无电流时，指针没有固定位置。

从图 2-13 可见，线圈 YQ 通过限流电阻 $2XLR$ 跨接到发电机 F 的两端，称电压线圈。当发电机电压一定时，流过电压线圈的电流 I_{YQ} 也一定。线圈 LQ 与电阻 $2XLR$ 及被测电阻 R_x 串联再接到电机二端。显然，通过线圈 LQ 的电流 I_{LQ} 与被测电阻 R 大小成反比。线圈 LQ 称电流线圈。由于内部的连接，二个线圈通电后在共同的磁场作用下产生两个互为相反方向上的力矩。电压线圈 YQ 产生的力矩是逆时针方向。而电流线圈 LQ 产生的力矩方向则相反，且大小与 I_{LQ} 成正比。

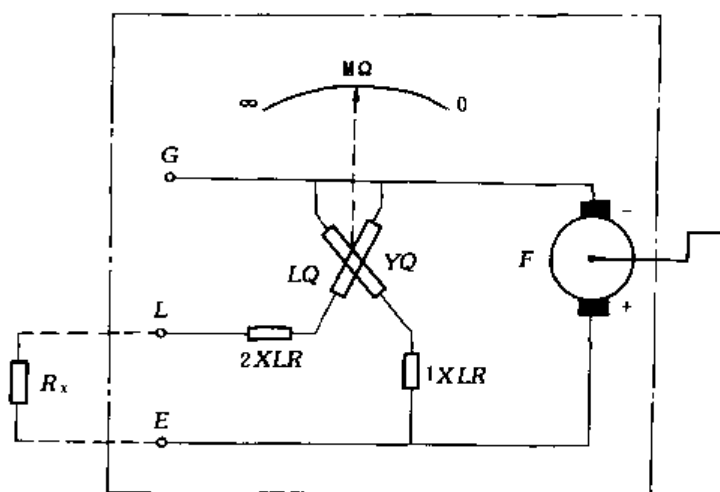


图 2-13 兆欧表

当“L”、“E”两接线柱开路时， $I_{LQ}=0$ ，只有电压线圈中有电流 I_{RQ} ，指针逆时针方向偏转到最大位置，即“ ∞ ”。

当“L”、“E”短路时， I_{LQ} 为最大，这时指针顺时针方向偏转到最大位置，刻度为“0”。

当“L”、“E”两接线柱接上被测绝缘电阻 R_x 为“0”与“ ∞ ”之间任何数时，指针就停留在由通过两线圈中的电流 I_{LQ} 和 I_{YQ} 的比值决定的位置，指针所指刻度就是被测绝缘电阻值。

兆欧表除了上述的两个接线柱外，通常还有一个保护接柱“G”(Guard)，它是与手摇发电机的“-”相连，一般测量不用。只有当被测绝缘表面漏电比较严重时，将它接到被测绝缘体的保护环上。

使用兆欧表测量设备或线路的绝缘时，必须注意：

- (1) 被测设备或线路必须脱离电源，必要时要先放电，以保仪表和人身安全。
- (2) 根据被测设备或线路的工作电压，选用一定电压等级的兆欧表，保证测量的可靠性。
- (3) 兆欧表在接线之前，应检查仪表本身是否良好。检查方法是分别将接线柱“L”与“E”短接和开路，转动手柄，观察指针是否能分别指向“0”和“ ∞ ”，若不能，说明该表存在故障。
- (4) 测量用的连接线应各单独分离，不能绞在一起，更不能使用绞线。
- (5) 摇动手柄应由慢逐渐到快，并保持均匀，转速在 120r/min 或略高。一般在指针稳定后再读取测量数据。
- (6) 对于有半导体元件的设备绝缘测量，应采取适当措施，防止它们被击穿。
- (7) 在兆欧表未停止摆动和被测对象未进行放电前，不可用手碰触测量线头，以防触电。
- (8) 兆欧表的刻度为对数分布，是不均匀的，读取数值时应注意。
- (9) 注意接线柱“G”的正确使用。

兆欧表的故障分为两大类：一类是电源故障（即发电机故障），一类是测量指示表的故障。常见故障比较多，需视具体故障进行具体分析，参照兆欧表的原理，不难找出故障元件，并加以排除。

第四节 钳形表和短路侦察器

一、钳形表基本原理

钳形表是一种互感整流式仪表，它由直流微安表、整流器、步档式切换开关、电流互感器等组成，其工作原理如图 2-14。它的互感器一次电流 I_1 的线圈 W_1 ，并不绕在互感器的环形铁心上，而是利用被测量的负载导线。固定在铁心上的是二次电流 I_2 的线圈 W_2 。进行测量时，张开环形铁心的活动部分（环形铁心有一处断截面可以移动）夹入载流导线。环形铁心闭合，即成为互感器。二次电流的数值是随被测载流导线的电流 I_1 的大小成正比。经过分流、整流，进入测量机构指示出一次电流的读数（仪表刻度盘是按一次电流的数值来定点刻度的）。

二、钳形表的使用及注意事项

- (1) 测量前应先估计被测电流的大小，选择合适的量程，或先选用较大量程，然后再视被测电流的大小减小量程。切换量程时应脱开被测量电路。

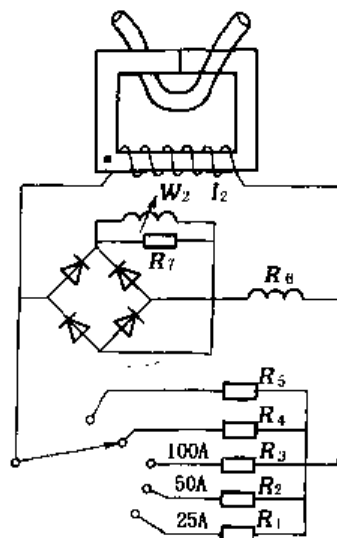


图 2-14 原理线路图

(2) 测量时, 被测载流导线应处于钳臂包围空间的中央, 以免产生误差, 对于三心电缆, 应分别测量各心线的电流, 不能将三个心线同置于钳形表之中, 否则, 对三相平衡负载来说, 钳形表将无法读数, 对于二心电缆的测量也同样存在这种情况。

如果在测量大电流后立即测量小电流, 则应先将钳口张开、闭合数次, 以消除铁心中的剩磁。

(3) 为了测量准确, 钳口的闭合面应保证很好接合。如有杂声可将钳口重新张开、闭合。如果杂声依然存在, 应检查钳口吻合面有无污垢、杂物或生锈, 将其清除干净, 杂声便可消失。

(4) 测量 5A 以下电流时, 为了得到较准确的读数, 在导线足够长的情况下, 可将被测导线多绕几圈, 然后圈入钳臂进行测量。所得读数除以钳臂内的导线根数, 即是导线中的实际电流值。

(5) 测量完毕, 即将量程换到最大电流档, 以免再次使用时, 由于未经选择量程而造成电流表损坏。

三、钳形表常见故障检修

钳形表是维修作业时携带的测量仪表, 碰撞损坏和机械故障较多。常见的故障有:

(1) 无指示。造成该故障的原因: 微安电流表损坏、整流器开路、温度补偿电阻开路以及二次线圈断路等等。检查方法, 先检查补偿电阻、二次线圈, 后检查整流器和表头。

(2) 误差大。造成该故障的原因: 测量机构轴尖磨损、平衡不好, 环形铁心断截面闭合不重合, 断平面上有污物粘附闭合不紧, 仪表测量机构中磁钢磁性衰减, 氧化铜整流器参数变化等。检修方法, 对应故障原因采取对应的修理方法, 若其他一切都正常, 可以通过调整补偿电阻 R_c 和分流电阻, 使其各量程的误差率一致。应该指出, 这种互感整流式仪表的精度都不高, 一般为 2.5 级或 3 级。

四、短路侦察器基本原理

短路侦察器是检查绕组匝间短路专用的开口变压器, 形状如图 2-15 所示, 铁心端部具有一定弧形, 以便能与电机铁心较好的吻合。它的工作原理与变压器工作原理相似。

检查时把短路侦察器的工字形开口, 放在定子内孔要检查线圈所在的槽口上, 然后把短路侦察器的线圈串入电流表接向交流电源。这时 H 字形铁心与定子槽构成磁通回路。侦察器的线圈相当于变压器的原边, 而被检查的线圈则相当于变压器的副边。若被检查的线圈有短路, 即可使电流表的指示值变大。

若没有电流表, 也可把薄铁片如钢锯条放在被检查线圈的另一边槽口上, 若被检查的线圈有短路, 则在短路电流作用下会产生磁通使铁片振动, 发出振动声, 如图 2-16 所示。这样, 很容易检查出匝间短路。

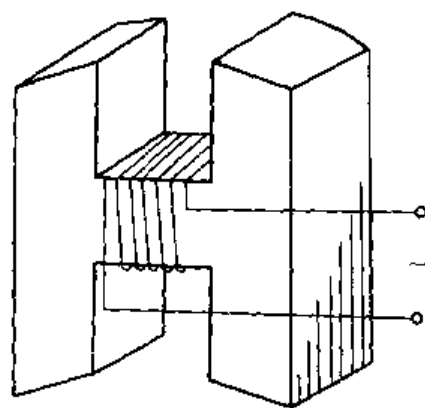


图 2-15 短路侦察器

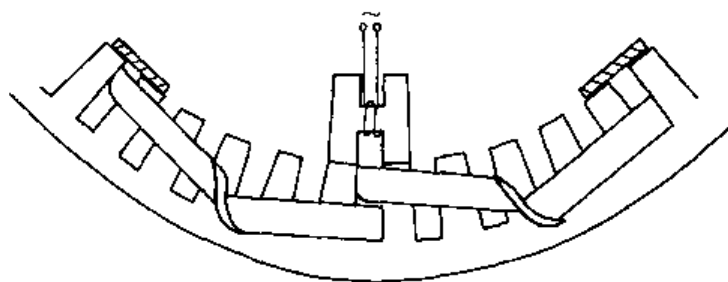


图 2-16 用短路侦察器

五、短路侦察器的使用及注意事项

- (1) 电动机定子绕组接成△形的，在检查前要拆开，每相两端头不能相碰形成回路。
- (2) 定子绕组为多路并联时，要把各并联支路拆开。
- (3) 在双层绕组中，一个槽内嵌有不同线圈的两条边，要确定究竟是哪一个线圈有匝间短路，应把铁片分别放在左边和右边都相距一个节距的槽口上试一下，如图 2-16 所示。
- (4) 检查直流电动机电枢绕组时，必须焊开换向器元件的联线，使电枢绕组不成闭合回路。
- (5) 使用短路侦察器时，应先将铁心在槽口上放好，使铁心闭合再接电源。以免由于电流过大而烧坏短路侦察器的线圈。

六、自行绕制

在船上如果短路侦察器受损坏或丢失时，就得进行自行设计绕制。为此，我们简介自行设计的有关计算。

绕制短路侦察器的简单计算步骤如下：

(1) 铁心截面积

$$A = 1.25 \sqrt{P}$$

式中：A——短路侦察器铁心截面积， cm^2 ；

P——短路侦察器的容量，VA。

1kW~50kW 的电动机检查用取 P 为 20~100VA。

50kW~100kW 的电动机检查用取 P 为 100~1000VA。

(2) 励磁线圈每伏匝数：

$$W_c = \frac{45}{BA}$$

式中： W_c ——每伏匝数；

B——铁心中磁通密度，T，一般取 $B = (1.3 \sim 1.4) \text{ T}$ 。此值不可取太低，否则将使短路侦察器不灵敏。

(3) 励磁线圈总匝数

$$W = W_c U$$

式中：W——总匝数；

U——短路侦察器的电源电压，V。

(4) 励磁线圈电流

$$I = \frac{P}{U} \quad (\text{A})$$

式中： I ——励磁线圈电流有效值，A。

(5) 励磁线圈导线直径

$$d = 0.9\sqrt{I} \quad (\text{mm})$$

式中： d ——无绝缘的导线直径，mm。

(6) 铁心窗口面积

$$S = ch \quad (\text{cm}^2)$$

式中： S ——铁心窗口面积， cm^2 ；

C ——铁心窗口的宽度，约等于电动机定子槽宽，cm；

h ——铁心窗口的高度，根据励磁线圈的高度决定，cm。

有以上基本数据后，可自行安排线圈层数、绝缘厚度，再计算出短路侦察器其他部分的尺寸。

第三章 船舶电气设备常用维修材料

在船舶电气设备维修中应按照工作要求来选择和使用电工材料——即维修材料。为此，船舶电气维修人员在维修过程中必须熟悉所需用的各种材料性能并合理地选用。最常用的各种电工材料有导电材料、半导体材料、绝缘材料、磁性材料以及结构材料。

第一节 船用导电材料

所谓导电材料，是指在常温下具有较高的导电性能和足够的机械强度，不易氧化、腐蚀，容易加工和焊接等特性。按其电阻率的大小和电阻温度系数的大小可分为高导电材料和高电阻材料。此外，还有电刷作为动静之间传导电能。

一、高导电材料

在船舶上使用的高导电材料有铜、铜合金、铝、铝合金、锡、镍合金等。这些材料都具有较高的导电性能，其电阻率见表 3-1，按其用途可分为：传导电流的导电材料、接触性导电材料、保护性导电材料。

船舶常用导电材料特性

表 3-1

名 称	电阻率 (20℃) ($\Omega \cdot m$) $\times 10^{-8}$	电阻温度 系数 (20℃) ($10^{-3}/^{\circ}C$)	密度 (20℃) (g/cm^3)	熔点 (℃)	热电动势 (mV)	主 要 用 途
银 (Ag)	1.59	3.80	10.5	960.5	+0.75	耐高温导线，触头等
铜 (Cu)	1.69	3.93	8.9	1083	+0.75	各种电线、电缆导体、母线、 载流零件等
铝 (Al)	2.65	4.23	2.7	660	+0.38	各种电线、电缆导体、母线、 载流零件等
钨 (W)	5.48	4.5	19.3	3370	+0.70	灯丝、电极、超高温导体和电 焊机电极等
锌 (Zn)	6.10	3.7	7.14	419.4	+0.77	导体保护层和电池阴极等
镍 (Ni)	6.90	6.0	8.9	1452	-1.43	高温导体保护层或导体、电子 管阳极和阴极高阻导电合金成分 等
锡 (Sn)	11.4	4.20	7.30	232	+0.45	导体保护层，焊料和熔丝等
铅 (Pb)	21.9	3.90	11.37	327.5	+0.44	熔丝，蓄电池极板和电缆护套

(一) 传导电流的导电材料

铜具有电阻率小，电阻温度系数小，抗张强度高，能防腐蚀，又易加工和焊接等特性。船用传导电流的导电材料主要是铜和铜合金，用它作为电缆、电线、漆包线的心线。由于船上振动、冲击大，一般很少用铝作为传导电流的导体材料。

1. 船用电缆

(1) 船用电缆的结构：

如图 3-1 所示。它主要由导电铜心线，绝缘层和保护层三部分组成。导线心线是用于传导电流，由不少于七根 0.26~2.47mm 的圆形软铜丝绞合而成。绝缘层是用于将各导电心线进行电气绝缘，防止心线间短路或接地。防护层是用于保护电缆免受油水、化学腐蚀。为了增强机械强度和抗干扰能力，在防护层外加一层铠装。

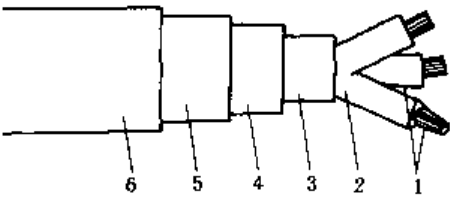


图 3-1 船用电缆的构造
1-心线；2-心线绝缘；3-胶带；
4-绝缘层；5-护套；6-铠装层

(2) 船用电缆牌号命名法

船用电缆牌号的符号含义见表 3-2。

船用电缆型号命名法 表 3-2

第 1 部分		第 2 部分		第 3 部分		第 4 部分		第 5 部分	
代号	含 义	代号	含 义	代号	含 义	代号	含 义	代号	含 义
C	船用电力电缆	X	丁苯—天然橡皮绝缘	H	橡胶套	R	软性	31	镀锌钢丝编织网外套
CH	船用电信电缆	XD	丁基橡皮	HF	非燃性橡胶套	P	屏蔽	32	镀锡铜丝编织网外套
		V	聚氯乙烯绝缘	HY	耐油橡胶套				
				HD	耐寒橡胶套				
				Q	铅包				
				V	聚氯乙烯				

例 CHY31，表示船用橡皮绝缘耐油橡胶套镀锌钢丝编织电缆。
CHHYP32，表示船用橡皮绝缘线心屏蔽耐油橡胶套镀锡铜丝编织电信电缆。

(3) 船用电缆选用

船用电缆选择原则：按电网的性质和用途，敷设场所的温度和环境条件来选择型号，按传导电流的大小来选择电缆的心线截面。

国产船用主要电缆型号、用途及敷设要求见表 3-3。

国产船用电缆牌号、规格和用途 表 3-3

牌 号	名 称	线芯截面 (mm ²)	主 要 用 途
CHF	船用橡皮绝缘非燃性橡胶套电缆	2 心：0.8~120	固定敷设，避免接触油类
CHF31	船用橡皮绝缘非燃性橡胶套镀锌钢丝编织电缆	3 心：0.8~240	同 CHF 型
CHFR	船用橡皮绝缘非燃性橡胶套软电缆	CHYR 为	连接移动式电气设备，避免接触油类
CHY	船用橡皮绝缘耐油橡胶套电缆	0.8~70	固定敷设，可接触油类，避免日光直接照射
CHY31	船用橡皮绝缘耐油橡胶套镀锌钢丝编织电缆	CV 为	同 CHY 型
CHY32	船用橡皮绝缘耐油橡胶套镀锡铜丝编织电缆	0.8~120	同 CHY 型，要求屏蔽
CHYR	船用橡皮绝缘耐油橡胶套软电缆	4~37 心： 0.8~2.5	连接移动式电气设备，可接触油，避免日光直接照射
CV	船用橡皮绝缘塑料护套电缆	41~48 心：0.8	固定敷设
CHHYP	船用橡皮绝缘屏蔽耐油橡胶套电信电缆		同 CHY 型，电话台联合线路及转播线路敷设
CXDHF	船用丁基橡皮绝缘非燃性橡胶套电缆	1 心：0.8~400	固定敷设用，避免接触油类
CXDHF31	船用丁基橡皮绝缘非燃性橡胶套镀锌钢丝编织电缆	2 心：0.8~120	同 CXDHF
CXDHF32	船用丁基橡皮绝缘非燃性橡胶套镀锡铜丝编织电缆	3 心：0.8~240	同 CXDHF，要求屏蔽

续上表

牌 号	名 称	线芯截面 (mm ²)	主 要 用 途
CXDHFR	船用丁基橡皮绝缘非燃性橡套软电缆	CXDHFR 和	连接移动式电气设备, 避免接触油类
CXDHY	船用丁基橡皮绝缘耐油橡套电缆	CXDHYR 为	固定敷设用, 能接触油类, 避免日光直接照射
CXDHY31	船用丁基橡皮绝缘耐油橡套镀锌钢丝编织电缆	0.8~70	同 CXDHY
CXDHY32	船用丁基橡皮绝缘耐油橡套镀锡铜丝编织电缆	4~37 心	同 CXDHY, 要求屏蔽
CXDHYR	船用丁基橡皮绝缘耐油橡套软电缆	0.8~2.5	连接移动式电气设备, 能接触油类, 避免日光直接照射
CXDV	船用丁基橡皮绝缘聚氯乙烯护套电缆	41~48 心: 0.8	固定敷设, 能接触油类
CVV	船用塑料绝缘塑料护套电缆		无机外力作用时, 固定敷设
CVV32	船用塑料绝缘塑料护套铜丝编织屏蔽电缆	1~3 心: 0.8~95	同 CVV, 要求屏蔽
CVNV	船用塑料绝缘尼龙分相耐油护层塑料护套电缆	4~7 心 0.8~2.5	无机外力作用时, 固定敷设, 要求耐油保护
CVNV32	船用塑料绝缘尼龙分相耐油护层铜丝编织电缆		同 CVNV, 要求屏蔽
CVVN	船用塑料绝缘塑料护层尼龙总相耐油护层电缆	1 心: 0.8~50 2 心: 0.8~10	同 CVV, 要求耐油保护
CVVN32	船用塑料绝缘塑料护层尼龙总相护层铜丝编织电缆	3 心: 0.8~10 4 心~14 心: 0.8~1.0 4~10 心: 1.5~2.5	同 CVVN, 要求屏蔽

船用主要电缆最大安全载流量及载流系数见表 3-4。

2. 电线

通用绝缘电线一般用导电心和绝缘层构成, 用于控制箱内的接线等场合。下面列出维修中常用电线型号、用途及参数。

通用绝缘电线的型号及用途见表 3-5。

通用绝缘软线的型号及用途见表 3-6。

500V 单心橡皮、聚氯乙烯绝缘电线长期允许载流量, 见表 3-7。

250~500V 聚氯乙烯绝缘软线和护套电线长期允许载流量, 见表 3-8。

500V 橡皮绝缘电线穿管敷设长期允许载流量, 见表 3-9。

500V 聚氯乙烯绝缘电线穿管敷设允许载流量, 见表 3-10。

3. 漆包线

漆包线的绝缘层是漆膜, 它是将绝缘漆涂在导线上经烘干而成, 一般用于绕制电器线圈, 电机绕组和变压器线圈。常用漆包线性能和技术指标列出, 供维修时参照。

常用漆包线的品种、规格、特点和主要用途, 见表 3-11。

选心线时, 应把漆层去掉, 再用千分尺, 测出直径的大小, 与原烧毁的绕组或线圈的线径一样。

(二) 接触性导电材料

这种导电材料用于制作电器触头, 电位器滑动触头, 它具有低电阻率, 接触处不易产

长期允许载流量	系数
1	1.0
2	1.0
3	1.0
4	1.0
5	1.0
6	1.0
7	1.0
8	1.0
9	1.0
10	1.0
11	1.0
12	1.0
13	1.0
14	1.0
15	1.0
16	1.0
17	1.0
18	1.0
19	1.0
20	1.0
21	1.0
22	1.0
23	1.0
24	1.0
25	1.0
26	1.0
27	1.0
28	1.0
29	1.0
30	1.0
31	1.0
32	1.0
33	1.0
34	1.0
35	1.0
36	1.0
37	1.0
38	1.0
39	1.0
40	1.0
41	1.0
42	1.0
43	1.0
44	1.0
45	1.0
46	1.0
47	1.0
48	1.0
49	1.0
50	1.0
51	1.0
52	1.0
53	1.0
54	1.0
55	1.0
56	1.0
57	1.0
58	1.0
59	1.0
60	1.0
61	1.0
62	1.0
63	1.0
64	1.0
65	1.0
66	1.0
67	1.0
68	1.0
69	1.0
70	1.0
71	1.0
72	1.0
73	1.0
74	1.0
75	1.0
76	1.0
77	1.0
78	1.0
79	1.0
80	1.0
81	1.0
82	1.0
83	1.0
84	1.0
85	1.0
86	1.0
87	1.0
88	1.0
89	1.0
90	1.0
91	1.0
92	1.0
93	1.0
94	1.0
95	1.0
96	1.0
97	1.0
98	1.0
99	1.0
100	1.0

截面 (mm ²)	船用丁苯-天然橡皮绝缘电缆: CHF, CHF31, CHF32, CHF3, CHY, CHY21, CHY32, CHYR, CV, CQ 周围温度+45℃, 工作温度+70℃						船用厂基橡皮绝缘电缆: CXDHF, CXDHF31, CXDHF32, CXDHY, CXDHY31, CXDHY32, CXDHYR, CXDV 周围温度+45℃, 工作温度+85℃						船用塑料绝缘电缆: CVV, CVV32, CVNV, CVNV32, CVVN, CVVN32 周围温度+45℃, 工作温度+65℃						短时负载流系数						重复短时负载流系数					
	双芯		二芯		单芯		双芯		三芯		单芯		双芯		三芯		单芯		双芯		三芯		单芯		双芯		三芯			
	14		11		19		15		13		11		8		7		60min		30min		60min		25%		40%		25%		40%	
	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯	单芯	双芯
0.8	17																													
1.0	19	15	12			22	17		14		12	10			9								1.45	1.3	1.45	1.3	1.45	1.3	1.45	1.3
1.5	24	20	16			26	23		18		16	13			12							1.55	1.3	1.55	1.3	1.55	1.3	1.55	1.3	1.55
2.5	31	26	21			35	30		24		21	19			18							1.6	1.3	1.6	1.3	1.6	1.3	1.55	1.3	1.55
4.0	41	35	28			46	39		32		29	27			25							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.55	1.3	1.55
6.0	51	43	35			57	48		40		35	33			30							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.55	1.3	1.55
10	69	58	48			77	65		53		57	50			39							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.55	1.3	1.55
16	92	78	64			103	87		65		71	64			53							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6
20	107	92	75			119	102		85		85	74			61							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6
25	122	104	87			135	116		96		100	82			68							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6
35	153	129	108			167	140		117		120	100			85							1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6	1.35	1.6
50	194	169	138			216	187		153		150	124			102							1.6	1.35	1.65	1.35	1.65	1.35	1.7	1.4	1.4
70	236	200	164			263	222		183		190	152			127							1.6	1.6	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
95	295	250	200			331	282		225		230	184			156							1.1	1.1	1.2	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
120	334	285	235			373	318		262													1.1	1.2	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
150	380		274			425			293		1.15	1.1										1.15	1.2	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
185	475		318			508			355		1.15											1.15	1.2	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
240	523		366			609			426		1.2	1.1										1.2	1.25	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
300	608					710					1.3	1.1										1.3	1.3	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5
400	720					849					1.35	1.1										1.35	1.35	1.65	1.4	1.65	1.4	1.8	1.5	1.5

通用绝缘电线的品种和用途

表 3-5

名 称	型 号		工作电压 (V)	长期最 高工作 温度 (℃)	规 格 (mm ²)			用 途
	铜 芯	铝 芯			芯 数	铜 芯	铝 芯	
橡皮绝缘 电线	BX	BLX	交流 500 直流 1000	65	1 2~4	0.75~500 1~95	2.5~630 2.5~120	固定敷设于室内（明敷， 暗敷或穿管），可用于室外， 也可作设备内部安装线
氯丁橡皮 绝缘电线	BXF	BLXF			1	0.75~95	2.5~95	同 BX 型，耐气候性好，适 用于室外
橡皮绝缘 软电线	BXR				1	0.75~400		同 BX 型，仅用于安装时要 求柔软的场所
橡皮绝缘 和护套电线	BXHF	BXLHF	交流 500 直流 1000	65	1	0.75~185	1.5~185	同 BX 型，适用于较潮湿的 场合和作室外进户线
聚氯乙烯 绝缘电线	BV	BLV	交流 500 直流 1000	65	1 2 心平型 2.3 心绞型	0.03~185 0.03~10 0.03~0.75	1.5~185 1.5~10	同 BX 型，但耐湿性和耐气 候性较好
聚氯乙烯 绝缘软电线	BVR				1	0.75~50		同 BV 型，仅用于安装时 要求柔软的场所
聚氯乙烯 绝缘和护套 电缆	BVV	BLVV			1 2.3 心绞型	0.75~10	1.5~10	同 BV 型，用于潮湿和机 械防护要求较高的场合，可 直埋土壤中
耐热 105℃ 聚氯乙烯绝 缘电线	BV- 105	BLV- 105	交流 500 直流 1000	105	1 2 心平型 2.3 心绞型	0.03~185 0.03~10 0.03~0.75	1.5~185 1.5~10	同 BV 型，用于 45℃ 及以 上高温环境中
耐热 105℃ 聚氯乙烯绝 缘软电线	BVR- 105		交流 500 直流 1000	105	1	0.75~10		同 BVR 型，用于 45℃ 及以 上高温环境中
农用聚氯 乙烯绝缘电 线		NLV	交流 500 直流 1000	65	1		2.5~50	直埋地农村土壤中，供动 力、照明线路用，埋地深度 不少于 1m，冻土地带埋地深 度必须超过冻土层
农用聚氯 乙烯绝缘和 护套电线		NLVV						
农用聚氯乙 烯绝缘聚氯 乙烯护套电 线	NLYV							

注：(1) 截面为 0.5mm² 及以下的 BV 和 BV-105 型电线，只用于交流 250V 或直流 500V 以下的设备、仪表内部作安装线。

(2) 表中软电线（BXR，BVR，BVR-105）用于固定敷设位置较小的场合，不同于表 3-6 中移动使用的软线。

(3) 表中聚氯乙烯电线安装时，环境温度不应低于 -45℃。农用品种因安装条件较差，安装时环境温度一般不低于 0℃。当在 0~15℃ 的环境下需要敷设时，应注意安装工艺（如不能过分弯、扭电线，应轻拉轻放），也可将电线放在烘房中预热后立即放线。

(4) 橡皮绝缘电线安装时的温度不严格规定，一般应不低于 -25℃。

通用绝缘软线的品种和用途

表 3-6

名 称	型 号	工作电压 (V)	长期最 高工作 温度 (℃)	规 格 (mm ²)		用 途
				芯数	铜芯截面	
聚氯乙烯 绝缘软线	RV (单芯)	交流 250 直流 500	65	1	0.012~6	供各种需要移动的电器、仪表、电 信设备、自动化装置接线用，也作为 内部安装线用。安装时环境温度不低 于 -15℃
	RVB (两芯平型)			2	0.012~25	
	RVS (两芯绞型)					
耐热 105℃ 聚氯乙烯绝 缘软线	RV-105	交流 250 直流 500	105	1	0.012~6	同 RV 型，用于 45℃ 及以上高温环 境中

续上表

名 称	型 号	工作电压 (V)	长期最 高工作 温度 (℃)	规 格 (mm ²)		用 途
				芯数	铜芯截面	
聚氯乙烯 绝缘和护套 软线	RVV	交流 500 直流 1000	65	2~4	0.12~6	同 RV 型, 用于潮湿和机械防护要 求较高, 经常移动、变曲的场合
				5~7	0.12~2.5	
				10, 12, 14, 16, 19, 24	0.12~2.5	
丁腈聚氯 乙烯化合物 绝缘软线	RFB (两芯平型) RFS (两芯绞线)	交流 250 直流 500	70	2	0.12~2.5	同 RVB、RVS 型, 但低温柔软性较 好
棉纱编织 橡皮绝缘双 绞软线	RXS	交流 250 直流 500	65	2	0.2~2.0	室内家用电器、照明用电源线
棉纱编织 橡皮绝缘软 线	RX			2~3	0.2~2.0	
棉纱编织 橡皮绝缘平 型软线	RXB			2	0.4~1.5	

注: 本表中均为铜芯。0.06mm² 及以下的 RV 及 RV-105 型电线只用于在电气设备和仪表内作安装线用。**500V 单芯橡皮、聚氯乙烯绝缘电线长期允许载流量**

(导线工作温度: 65℃, 环境温度: 25℃)

表 3-7

导线截面 (mm ²)	空气敷设长期允许载流时 (A)				导线截面 (mm ²)	空气敷设长期允许载流时 (A)			
	橡皮绝缘电线		聚氯乙烯绝缘电线			橡皮绝缘电线		聚氯乙烯绝缘电线	
	铜 芯 BX, BXF BXR	铝 芯 BLX, BLXF	铜 芯 BV, BVR	铝 芯 BLV		铜 芯 BX, BXF BXR	铝 芯 BLX, BLXF	铜 芯 BV, BVR	铝 芯 BLV
0.75	18		16		70	285	220	265	205
1.0	21		19		95	345	265	325	250
1.5	27	19	24	18	120	400	310	375	285
2.5	33	27	32	25	150	470	380	430	325
4	45	35	42	32	185	540	420	490	380
6	58	45	55	42	240	660	510		
10	85	65	75	59	300	770	600		
16	110	85	105	80	400	940	730		
25	145	110	138	105	500	1100	850		
35	180	138	170	130	630	1250	980		
50	230	175	215	165					

注: 按上述条件工作时, 电线表面温度为 60~61℃。

250~500V 聚氯乙烯绝缘软线和护套电线长期允许载流量

适用电线型号: RV、RVV、RVB、RVS、RFB、RFS、BVV、BLVV

(导线工作温度: 65℃, 环境温度: 25℃)

表 3-8

导线截面 (mm ²)	空气敷设长期允许载流量 (A)						导线截面 (mm ²)	空气敷设长期允许载流量 (A)					
	一 芯		二 芯		三 芯			一 芯		二 芯		三 芯	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯		铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
0.12	5		4		3		0.3	9		7		5	
0.2	7		5.5		4		0.4	11		8.5		6	

续上表

导线截面 (mm ²)	空气敷设长期允许载流量 (A)						导线截面 (mm ²)	空气敷设长期允许载流量 (A)					
	一 芯		二 芯		三 芯			一 芯		二 芯		三 芯	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯		铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
0.5	12.5		9.5		7		2.5	32	25	26	20	20	16
0.75	16		12.5		9		4	42	34	36	26	26	22
1	19		15		11		6	55	43	47	33	32	25
1.5	24		19		14		10	75	59	65	51	52	40
2	28		22		17								

500V 橡皮绝缘电线穿管敷设长期允许载流量

适用电线型号: BX、BLX、BXF、BLXF

(导线工作温度: 65℃, 环境温度: 25℃)

表 3-9

导线截面 (mm ²)	穿铁管时长期允许载流量 (A)						穿塑料管时长期允许载流量 (A)					
	穿二根电线		穿三根电线		穿四根电线		穿二根电线		穿三根电线		穿四根电线	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
1.0	15		14		12		13		12		11	
1.5	20	15	18	14	17	11	17	14	16	12	14	11
2.5	28	21	25	19	23	16	25	19	22	17	20	15
4	37	28	33	25	30	23	33	25	30	23	26	20
6	49	37	43	34	39	30	43	33	38	29	34	26
10	68	52	60	46	53	40	59	44	52	40	46	35
16	86	66	77	59	69	52	76	58	68	52	60	46
25	113	86	100	76	90	68	100	77	90	68	80	60
35	140	106	122	94	110	93	125	95	110	84	98	74
50	175	133	154	118	137	105	160	120	140	108	123	95
70	215	165	193	150	173	133	195	153	175	135	155	120
95	260	200	235	180	210	160	240	184	210	165	195	150
120	300	230	270	210	245	190	278	210	250	190	227	170
150	340	260	310	240	280	220	320	250	290	227	265	205
185	385	295	355	270	320	250	360	282	330	252	300	232

500V 聚氯乙烯绝缘电线穿管敷设长期允许载流量

适用电线型号: BV、BLV

(导线工作温度: 65℃, 环境温度: 25℃)

表 3-10

导线截面 (mm ²)	穿铁管时长期允许载流量 (A)						穿塑料管时长期允许载流量 (A)					
	穿二根电线		穿三根电线		穿四根电线		穿二根电线		穿三根电线		穿四根电线	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
1.0	14		13		11		12		11		10	
1.5	19	15	17	13	16	12	16	13	15	11.5	13	10
1.75	26	20	24	18	22	15	24	18	21	16	19	14
2	35	27	31	24	28	22	31	24	28	22	25	19
6	47	35	41	32	37	28	41	31	36	27	32	25
10	65	49	57	44	50	38	56	42	49	38	44	33
16	82	63	73	56	65	50	72	55	65	49	57	44
25	107	80	95	70	85	65	95	73	85	65	75	57
35	133	100	115	90	105	80	120	90	105	80	93	70
50	165	125	146	110	130	100	150	114	132	102	117	90

续上表

导线截面 (mm ²)	穿铁管时长期允许载流量 (A)						穿塑料管时长期允许载流量 (A)					
	穿二根电线		穿三根电线		穿四根电线		穿二根电线		穿三根电线		穿四根电线	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
70	205	155	183	143	165	127	185	145	167	130	148	115
95	250	190	225	170	200	152	230	175	205	158	185	140
120	290	220	260	195	230	172	270	200	240	180	215	160
150	330	250	300	225	265	200	305	230	275	207	250	185
185	380	285	340	255	300	230	355	265	310	235	280	212

常用漆包线的品种、规格、特点和主要用途

表 3-11

名 称	型 号	规 格 (mm)	特 点			主 要 用 途
			长期工 作温度 (℃)	优 点	缺 点	
聚氨酯漆包圆铜线 彩色聚氨酯漆包圆铜线	QA-1 QA-2	0.015~1.00	120	在高频条件下,介质损耗角正切小,可以直接焊接,不需刮去漆膜,着色性好,可制成不同颜色的漆包线,在接头时便于识别	过角载性差,热冲击及耐刮性尚可	绕制要求Q值稳定的高频线圈、电机线圈和仪表用的微细线圈
环氧漆包圆线	QH-1 QH-2	0.06~2.50	120	耐水解性好,耐潮湿性好,耐酸碱腐蚀和耐油性好	弹性差,耐刮性较差,不适用于高速自动绕线工艺,对含氯绝缘油相容性差	绕制油浸变压器的线圈和耐化学药品腐蚀、耐潮湿电机的绕组
聚酯漆包圆线 彩色聚酯漆包圆铜线	QZ-1 QZ-2 QZS-1 QZS-2	0.02~2.50 0.06~2.50	130	在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能好,软化击穿性能好	耐水解性差(用于密闭的电机、电器时需注意),热冲击性尚可,与聚氯乙烯、氯丁橡胶等含氯高分子化合物不相容	绕制通用中小型电机的绕组以及干式变压器和电器仪表线圈
聚酯亚胺漆包圆铜线	QZY-1 QZY-2	0.06~2.50	155	在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能好,热冲击性能好,软化击穿性能较好	在含水密封系统中易水解(用于密封电机、电器时需注意),与聚氯乙烯、氯丁橡胶等含氯的高分子化合物不相容	绕制高温电机和制冷装置中电机的绕组以及干式变压器和电器仪表的线圈
聚酰胺酰亚漆包圆铜线	QXY-1 QXY-2	0.06~2.50	200	耐热性好,热冲击及软化击穿性能好,耐刮性好,在干燥和潮湿条件下,耐电压击穿性能好,耐化学药品腐蚀性能好	与聚氯乙烯橡胶等含氯的高分子化合物不相容	绕制高温重负荷电机、牵引电机、制冷设备电机、密闭电机的绕组以及干式变压器和电器仪表的线圈
聚酰亚胺漆包圆铜线	QY-1 QY-2	0.02~2.50	220	漆膜耐热性最好,软化击穿及热冲击性好,能承受短期过负载,耐低温性好,耐辐射性好,耐溶剂及化学药品腐蚀性好	耐刮性尚可,耐碱性差,在含水密封系统中容易水解,漆膜受卷应力容易产生裂纹(浸渍前须在150℃左右加热1h以上,以消除应力)	绕制耐高温电机、干式变压器、密封式电器元件的线圈

生高电阻的氧化物，不易腐蚀，不易熔焊；同时具有弹性好，抗压、抗拉和耐磨等性能，船上常用有钢—钨合金，银—铁合金，硬铜，黄铜，磷铜等。

(三) 保护性导电材料

这种导电材料用于制作保险丝和熔断片等，它具有熔点低，有一定机械强度等性质，船上常用的有铅—锡合金，铅—锡—铜—铋合金。

二、高阻导电材料

高阻导电材料一般用于制作变阻器、调速器、电热器及高温测量用的电阻器。常用的高阻导电材料一般由合金材料构成，其主要特性和用途见表 3-12。

常用电阻合金材料的主要特性和用途 表 3-12

名 称	电阻率 ρ (20℃) ($\Omega \cdot m$)	电阻温度 系数 α ($10^{-6}/^{\circ}C$)	密度 d (g/cm^3)	工作温度 ($^{\circ}C$)		主 要 特 性	主 要 用 途
				正 常	最高		
康 铜	0.48×10^{-6}	≈ 50	8.9		500	抗氧性能好	制作起动变阻器、调整 变阻器、分流电阻、限流 电阻
新康铜	0.48×10^{-6}	≈ 50	8.0		500	抗氧化性能比康铜差， 价格较便宜	
通用锰铜	0.47×10^{-6}	$-3 \sim 5$	8.4	5~45		电阻稳定性高，焊接性 能好，抗氧化性能较差	制作标准电阻、电阻箱、 分流器、滑线变阻器
分流器锰铜	0.44×10^{-6}	0~40	8.4	20~80		电阻最高点温度比通用 型锰铜高	
滑线锰铜	0.45×10^{-6}	0~40	8.4	20~80		抗氧化性能比通用型锰 铜好，焊接性能好，电阻- 温度曲线平坦，电阻最高 点温度较高	
镍铬合金	1.09×10^{-6}	≈ 70	8.4		500	电阻率高，能长时间承 受高温，焊接性能较差	制作电阻式加热仪器及 电炉炉丝
铁铬铝合金	1.26×10^{-6}	≈ 120	7.4		500	电阻率高，能长时间承 受高温，焊接性能较差	制作电阻式加热仪器及 电炉炉丝

三、电 刷 材 料

电刷是作电机的静止部分与滑动部分间电流导入（导出）的重要导电元件。直流电机、交流绕线式电动机和同步发电机（除了无刷同步发电机外）等都要有电刷。由于电刷的材料与制造方法不同，种类也很多，常用电刷可分为三种：

1. 石墨电刷

它是在天然石墨中加沥青、煤焦油等粘合剂，经混合压制而成。它的质地比较松软，在未经高温加热时含杂质较多，易损坏整流子。这种电刷适用于一般整流条件、负载均匀的电机。

2. 电化石墨电刷

它是由石墨、焦炭、炭黑等作原料，经 2500℃ 以上高温焙烧而成，它具有良好的耐磨性，且易于加工。它适用于各种类型的电机以及整流条件困难的电机。

3. 金属石墨电刷

它是由石墨和铜粉及其他金属粉混合制成。它具有良好的导电性能、载流量大。它适合于大电流的电机，如充电、电解和电镀用的直流发电机，也适用于低压小型牵引电机、汽车和小型柴油机的启动用电机。

选择电刷的原则：根据电流密度、滑环或整流子的圆周速度（转速或角速度），从电刷

技术特性表中找到电刷种类，再结合电机的特性（额定电压、电流）和运行条件（连续、断续、短时）决定电刷的具体型号。在维修中，一般不轻易更换电机电刷型号，应按原型号规格更换。

电刷的技术性能及工作条件，见表 3-13。

电刷的技术性能及工作条件

表 3-13

类别	型 号	电阻系数 (分接触法) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	一对电刷 的接触电 压降 (V)	摩擦系数 不大于	50h 磨损 (mm) 不大于	工 作 条 件		
						额定电流 密度 (A/cm^2)	允许圆周 速度 (m/s)	电刷使用 压力 (10^2Pa)
石墨电刷	S-3	8~20	1.5~2.3	0.25	0.2	11	25	200~250
电化石墨 电刷	DS-4	6~16	1.6~2.4	0.2	0.25	12	40	150~200
	DS-8	31~50	1.9~2.9	0.25	0.15	10	40	200~400
	DS-14	22~36	2~3	0.25	0.15	10	40	200~400
	DS-52	12~22	2~3.2	0.23	0.15	12	50	200~250
	DS-72	10~16	2.4~3.4	0.25	0.2	12	70	150~200
	DS-74	35~80	3.2~4.4	0.25	0.30	12	50	200~400
	DS-74B	45~75	2.3~3.5	0.25	0.2	12	50	200~400
	DS-74B ₂	60~90	2.3~3.5	0.25	0.2	12	50	200~400
	DS-79	20~43	1.6~2.6	0.25	0.15	12	40	200~400
	DS-112	40~55	2.5~3.7	0.25	0.1	12	50	200~400
金属石墨 电刷	TS-2	0.1~0.35	0.3~0.7	0.2	0.4	20	20	180~230
	TS-4	0.2~1.3	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	200~250
	TS-51	0.04~0.12	0.15~0.35	0.2	0.6	25	20	180~230
	TS-64	0.05~0.15	0.1~0.3	0.2	0.7	20	20	180~230
	TS-103	0.2~1	0.6~1.6	0.2	0.3	15	20	200~250
	TSQ-A	<0.25	<0.4	0.25	0.8	20	20	180~230

注：S-石墨；DS-电化石墨；T-铜；Q-铅；TSQ-A-汽车、小型柴油机用。

第二节 船用绝缘材料

电阻系数大于 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 的材料在电工技术上叫做绝缘材料，它的作用是在电气设备中把电位不同的带电部分隔开，因此，绝缘材料应具有良好的介电性能，即具有较高的绝缘电阻和耐压强度，能避免发生漏电击穿等现象。

一、绝缘材料的性能要求

1. 绝缘耐压强度

绝缘材料在电场中，当电势强度增大到某一极限值时，就会被击穿。这个极限值称为该材料的绝缘强度，通常用 1mm 厚的绝缘材料所能承受的电压 kV 值表示，几种常用固体绝缘材料的耐压强度见表 3-14。

几种常用固体绝缘材料的耐压强度

表 3-14

绝缘材料名称	击穿电压 (kV/mm)	绝缘材料名称	击穿电压 (kV/mm)	绝缘材料名称	击穿电压 (kV/mm)
沥青漆	55~90	聚酯薄膜	130~230	有机硅浸渍漆	65~100
聚酰胺亚胺薄膜	100~190	聚酰胺酰亚胺	90~100	聚丙烯薄膜	>180
油性漆布	35	聚乙烯薄膜	>40	聚酯薄膜绝缘纸复合箔	40
聚乙烯	18~28	云 母	100~250	酚醛塑料	10~16
聚苯乙烯	20~28	聚氟乙烯	>20	陶 瓷	10~30

2. 机械强度

绝缘材料每单位面积能承受的拉力称为抗张力。要求其值越高越好，由于船上振动、挤压、拉伸时有发生，为此，就要求所选用的绝缘材料的机械强度要高。

3. 膨胀系数

绝缘材料受热后体积增大的程度。由于船上的环境温度变化大，则要求其膨胀系数小一些，否则，受热膨胀、受冷收缩会使绝缘材料起层皮，产生裂纹、变形甚至破损，这样造成绝缘电阻下降，甚至击穿。

4. 热稳定性

绝缘材料工作在电磁场中，由于磁场极化和电导的影响，将以发热的形式消耗一部分电磁场能量，使绝缘材料本身的温度升高，再加上绝缘材料周围环境温度，促使它受热后发生软化、熔化、挥发、灼焦、开裂、脆化，电阻率降低、损耗增加、老化和热击穿等一系列性能与形态的变化。这些变化给绝缘材料带来了各种不同程度的损害，有必要防止。所以在电气工程中，根据绝缘材料的物理、化学和电性能制订出了各种材料的元件工作温度，共分为Y、A、E、B、F、H、C等七级，见表3-15。

绝缘材料耐热等级表

表 3-15

耐热等级	容许工作温度 (°C)	主 要 绝 缘 材 料
Y	90	棉花、木材、纸、纤维等天然的纺织品，以醋酸纤维和聚酰胺为基础的纺织品，易于热分解和低熔点的塑料
A	105	经天然树脂漆、虫胶等浸渍过的Y级材料。如漆包线、漆丝、漆布等
E	120	高强度漆包线、乙酸乙烯耐热漆包线、玻璃布、油性树脂漆、有机填料的塑料、以纤维素纸和布为基础的层压制品
B	130	聚酯薄膜，经树脂粘合式浸渍涂复的云母、玻璃纤维、石棉等，聚酯漆、聚酯漆包线
F	155	以有机纤维材料补强和不带补强的云母制品、玻璃丝、石棉，以玻璃丝布和石棉纤维为基础的层压制品，以无机材料作补强和不带补强的云母粉制品
H	180	无补强或以无机材料为补强的云母制品，加厚的F级材料，复合云母，有机硅云母制品，硅有机漆，复合玻璃布，复合薄膜等
C	180 以上	不采用任何有机粘合剂及浸渍剂的无机物制品，如石英、石棉、云母、玻璃和陶瓷材料等

船用电气设备通常采用E级或以上绝缘等级的材料作为绝缘材料。

5. 抗生物性

由于船上环境温度变化经常，很容易使绝缘材料长霉菌，使材料绝缘电阻降低，为此，防止长霉，在绝缘材料中加入防霉剂来杀死霉菌和抑制霉菌生长，另外，在船上电气设备往往增设加热器，提高周围的环境温度防止结露并驱潮，以达到防霉效果，对于加热环节的电气设备需定期保养，通电运行。

二、船舶常用固体绝缘材料

1. 常用各种绝缘带

1) 白布带

绝缘白布带有斜纹、平纹两种，根据抗拉强度来选择。白布带若不经浸漆，其电气性能差、易吸潮、一般只作加强机械强度和绑扎用。不作绝缘用。

2) 各种绝缘带

常用的有黑胶布带、黄蜡布带、黄蜡绸带、聚酯膜粘带等等，一般常用的聚酯膜带，因为它的电气性能好，厚度较薄（0.055~0.17mm，>100kV/mm），耐压高等特点，在高温场合，常用玻璃纤维绝缘带。

2. 各种绝缘纸

在电机电器的维修中，常用到各种绝缘纸和纸板。

1) 青壳纸

厚度 0.1~0.4mm，一般常用的为 0.15mm，其绝缘强度为 7kV/mm。

2) 聚酯薄膜

厚度 0.006~0.10mm，绝缘强度>130kV/mm，耐热等级为 E 级。

3. 绝缘板

1) 刚纸板

刚纸板用于日常维修衬垫及制造圈框架等，其颜色多为红色，又称为红刚纸。其厚度为 0.5~2.5mm，轻红刚纸厚度为 0.5~3.0mm，其耐压为 0.5~0.9mm，不小于 7kV。

2) 各种绝缘层压板

一般常用的有酚醛层压纸板（型号 3020~3023），酚醛层压布板（3025~3027），玻璃布板（3230~3231，3240）等。可用于衬垫和隔离各种电气设备用，也可作控制屏板安装电器等设备用。

4. 绝缘管

用于电机、变压器电器、仪表、开关板、配电盘等设备中的引线，接线的绝缘护套（故又称绝缘套管），常用的有塑料套管、黄蜡管、玻璃纤维管及各种玻璃漆管，一般高温环境选用玻璃纤维管。

三、船舶常用绝缘漆及溶剂

一般船用电气设备对绝缘性能要求很高。在维修这些设备时，要正确选用绝缘漆和对应的溶剂。这里主要介绍几种船上常用的绝缘浸漆和覆盖用磁漆两大类的型号、特点、用途等列于表 3-16 和表 3-17。供使用时参考。

常用绝缘浸漆

表 3-16

名 称 型 号	特 征	主 要 用 途	稀 释 剂	干 燥 方 式、温 度 时 间	耐 热 等 级
耐油性清漆 1012	快干、耐油、耐潮、漆膜平滑	浸渍电机线圈	松节油	烘干 105℃ 2h	A (黄褐)
醇酸清漆 1030	具有较好的耐油性，耐电弧性，漆膜平滑光泽性好	用于电机、电气线圈浸渍及覆盖用	甲 苯 二甲苯	烘 115℃ 2h	B (黄褐)
丁基酚醛醇 酸清漆 1031	具有较好的流动性，干透性、耐热性和耐潮性，漆膜平滑有光泽性	适合于湿热带电机电器线圈的浸渍	二甲苯 200 号 溶剂油	烘 110℃ 2h	B (黄褐)
环氧脂清漆 1033	具有较好的耐油性，耐热性，漆膜平滑光泽有弹性	适合于湿热带浸渍电机电器线圈	二甲苯 丁 醇	烘 120℃ 2h	B (黄褐)
气干环氧脂 漆	同上，在低温下迅速干燥	适用于不宜高温烘焙的湿热带电器绝缘零件的表面覆盖	二甲苯	气干	B (黄褐)
硅有机清漆 1050 1052	耐热、耐油、耐霉，固化性良好，介电性能优良	适用于高温线圈浸渍及石棉、水泥零件防潮处理		烘 200℃ 2h	F (淡黄)

常用覆盖磁漆

表 3-17

名 称 型 号	特 征	主 要 用 途	溶 剂 稀 释 剂	干燥方式、温度、 时 间	耐热等级 (颜色)
灰磁漆 1320	漆膜坚韧有光泽, 强度高, 能耐电弧、耐油	适用于电机、电器线圈表面覆盖用		105℃ 2h	E (灰色)
气干灰磁漆 1321	同上, 在低温干燥	适于不宜高温烘焙的电器件的表面修饰		气 干	E (灰色)
硅有机磁漆 1350	耐热性高、耐潮性、耐冲击性和介电性能良好	适于高温电器线圈覆盖		烘 200℃ 3h	H (红色)
硅钢片漆 1611	高温 (450℃ ~ 500℃) 快干漆, 漆膜坚硬、耐油、耐水	电机电器硅钢片绝缘	200 号 溶剂油	烘 200℃ 0.5h	H (黄褐)
沥青半导体漆 1213	形成极坚韧, 耐油、耐水漆膜	用于高压电机线圈表面, 构成黑色半导体覆盖膜	苯 甲苯	烘 80℃ 3h	A (黑褐)

上述各种绝缘漆在浸渍时有必要稀释到一定浓度, 其所用的溶剂及稀释剂应正确选用, 否则的话, 会引起化学反应而变质。如: 1012 耐油清漆的溶剂或稀释剂为松节油; 1031 丁基酚醛醇酸漆用二甲苯或 200 号溶剂油; 1033 环氧脂漆用二甲苯或丁醇。总之, 在使用各种绝缘漆时, 应按照说明书要求选用溶剂。

在了解各种绝缘漆的性能之后, 应该对应环境条件来选择绝缘漆, 如在机舱中使用的电器绝缘主要要求其耐热、耐油性能好, 而对于甲板上的电气设备的绝缘, 主要要求耐潮、抗振动性能好的绝缘漆。对于厨房的电气设备与机舱使用的要求一样。

第三节 半导体器件

一、半导体器件型号的命名方法

1. 国产半导体分立器件型号命名法:

根据国标 (GB249—89) 规定, 半导体分立器件型号命名法见表 3-18 和表 3-19。

国产半导体 1~5 部分组成的器件型号的符号及意义

表 3-18

第 1 部分		第 2 部分		第 3 部分		第 4 部分	第 5 部分
用阿拉伯数字表示器件的电极		用汉语拼音字母表示器件的材料极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义		
2	二极管	A	N 型, 锗材料	P	小信号管		
		B	P 型, 锗材料	V	混频检波管		
		C	N 型, 硅材料	W	电压调整管和电压基准管		
		D	P 型, 硅材料	C	变容管		
3	三极管	A	PNP 型, 锗材料	Z	整流管		
		B	NPN 型, 锗材料	L	整流堆		
		C	PNP 型, 硅材料	S	隧道管		
		D	NPN 型, 硅材料	K	开关管		
		E	化合物材料	X	低频小功率晶体管 ($f_s < 3\text{MHz}$, $P_c < 1\text{W}$)		
				G	高频小功率晶体管		

续上表

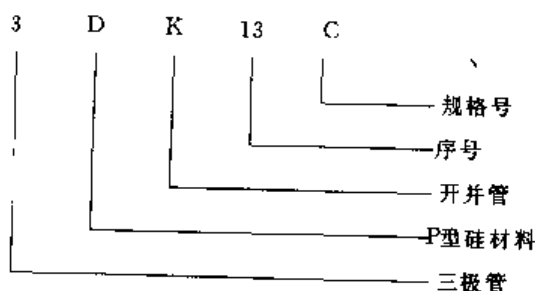
第1部分		第2部分		第3部分		第4部分	第5部分
用阿拉伯数字表示器件的电极		用汉语拼音字母表示器件的材料极性		用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
				D	$(f_a < 3\text{MHz}, P_c < 1\text{W})$ 低频大功率晶体管		
				A	$(f_a < 3\text{MHz}, P_c < 1\text{W})$ 高频大功率晶体管		
				T	$(f_a < 3\text{MHz}, P_c < 1\text{W})$ 闸流管		
				Y	场效应管		
				B	雪崩管		
				J	阶跃恢复管		

由3~5部分组成的器件型号的符号及意义

表 3-19

第3部分		第4部分	第5部分	第3部分		第4部分	第5部分
用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号	用汉语拼音字母表示器件的类别		用阿拉伯数字表示序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义			符号	意义		
CS	场效应晶体管			GF	发光二极管		
BT	特殊晶体管			GR	红外发射二极管		
FH	复合管			GJ	激光二极管		
PIN	PIN			GD	光敏二极管		
ZL	整流管阵列			GT	光敏晶体管		
QL	硅桥式整流器			GH	光耦合器		
SX	双向三极管			GK	光开关管		
DH	电流调整管			GL	摄象线阵器件		
SY	瞬态抑制二极管			GM	摄象面阵器件		
GS	光电子显示管						

示例1:



3DK13C是一个硅P型开关三极管

3DK13C 是一个硅 NPN 型开关三极管

2. 国际电子联合会半导体器件型号命名法

这种方法组成部分的符号及意义见表 3-20。

国际电子联合会半导体器件型号命名法

表 3-20

第 1 部分		第 2 部分				第 3 部分		第 4 部分	
用字母表示使用的材料		用字母表示类型及主要特性				用数字或字母加数字表示登记号		用字母对同型号者分档	
符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义
A	锗材料	A	检波、开关和混频二极管	M	封闭磁路中的霍尔元件	三位数字	通用半导体器件的登记序号 (同一类型器件使用同一登记号)	A B C D ……	同一型号器件按某一参数进行分档的标志
		B	变容二极管	P	光敏器件				
B	硅材料	C	低频小功率三极管	Q	发光器件				
		D	低频大功率三极管	R	小功率晶闸管				
C	砷化镓	E	隧道二极管	S	小功率开关管	一个字母加二位数字	专用半导体器件的登记号 (同一类型器件使用同一登记号)		
		F	高频小功率三极管	T	大功率晶闸管				
D	铋化铟	G	复合器件及其他器件	U	大功率开关管				
		H	磁敏二极管	X	倍增二极管				
R	复合材料	K	开放磁路中的霍尔元件	Y	整流二极管				
		L	高频大功率三极管	Z	稳压二极管即齐纳二极管				

注：小功率指热阻 $R_T > 15^\circ\text{C}/\text{W}$ ；大功率指热阻 $R_T \leq 15^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

在表 3-20 中所列的四个基本部分后面，有时还有后缀，以区别特性或进一步分类。常见的后缀有如下几类：

1. 整流二极管型号的后缀

后缀为数字表示最大反向峰值耐压值和最大反向开断电压（通常表示其最小值）。

2. 稳压二极管型号的后缀

其后缀的第一部分是一个字母，表示稳定电压值的容许误差范围。其字母的意义如下：

符号	A	B	C	D	E
容许误差	± 1	± 2	± 3	± 10	± 15

其后缀第二部分是数字，表示标称稳定电压的整数数值；后缀第三部分是字母 V，是小数点代号；后缀第四部分是数字，表示标称稳定电压的小数数值。

国际电子联合会晶体管型号命名法的特点：

(1) 这种命名法被欧洲许多国家采用。因此，凡型号以两个字母开头，并且第一个字母是 A、B、C、D 或 R 的晶体管，大都是欧洲制造的产品，或是按欧洲某一厂家专利生产的产品。

(2) 第一个字母表示材料（A 表示锗管，B 表示硅管），但不表示极性（PNP 型或 NPN 型）。

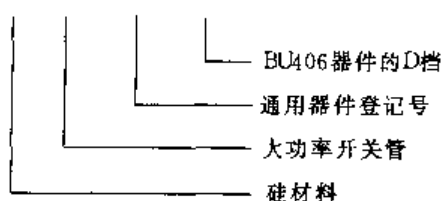
(3) 第二个字母表示器件的类别和主要特点。如 C 表示低频小功率、D 表示低频大功率、F 表示高频小功率、L 表示高频大功率三极管等等。

(4) 第三部分表示登记顺序号。是三位数字者为通用品；是一个字母加两位数字者为专用品。若记住了这些字母的意义，不查手册也可以判断出类别。例如 BLY49 型，一见便知是硅大功率专用三极管。顺序号相邻的两个型号的特性可能相差很大。例如，AC184 为 PNP 型，而 AC185 为 NPN 型。

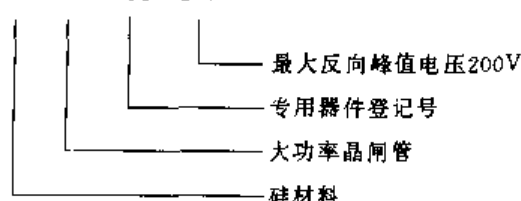
(5) 第四部分字母表示同一型号的某一参数 (如 h_{FE} 或 NF) 进行分档。

(6) 型号中的符号均不反映器件的极性 (指 NPN 型或 PNP)。极性的确定需查阅手册或测量。

例1: B U 406 D



例2: B T X64 200



3. 美国半导体器件型号命名法

美国电子工业协会 (EIA) 规定的晶体管分立器件型号的命名法, 见表 3-21。

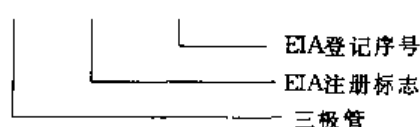
美国电子工业协会半导体器件型号命名法

表 3-21

第1部分		第2部分		第3部分		第4部分		第5部分	
用符号表示用途的类别		用数字表示 PN 结的数目		美国电子协会工业协会 (EIA) 注册标志		美国电子工业协会 (EIA) 登记顺序号		用字母表示器件分档	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
JAN 或 J	军用品	1	二极管	N	该器件已在 美国电子工业 协会注册登记	多位 数字	该器件在美国 电子协会登记的 顺序号	A	同一型号 的不同档别
		2	三极管					B	
		3	3 个 PN 结器件					C	
		n	n 个 PN 结器件					D	
无	非军用品							...	

注意该命名法中, 第 1 部分和第 5 部分分别为前、后缀, 第 2、3、4 部分为基本部分, 第 4 部分数字只表示登记序号, 而不含有其他意义, 数字越大, 表示最近期产品。

例1: 2 N 2305



4. 日本半导体器件型号命名法

按日本工业标准 (JIS) 规定的命名方法, 其符号含义见表 3-22。

日本半导体器件型号命名法

表 3-22

第1部分		第2部分		第3部分		第4部分		第5部分	
用数字表示类型或有效电极数		S 表示日本电子工业协会 (EIAJ) 注册产品		用字母表示器件的极性及类型		用数字表示在日本电子工业协会登记的顺序号		用字母表示对原来型号的改进产品	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
0	光电 (即光敏) 二极管、晶体管及其组合管	S	表示已 在日本电 子工业协 会 (EIAJ) 注册登 记的半导 体分立 器件	A	PNP 型高频管	两位 以上 的整 数	从 11 开 始, 表 示在日 本电 子工 业协 会注 册登 记的顺 序号, 不 同性的 器件, 可 以使用同 一顺序号。 其数字越 大越近 期产品	A	用字母表 示对原来 型号的改 进产 品
1	二极管			B	PNP 型低频管			B	
2	三极管、具有两个 PN 结的其他晶体管			C	NPN 型高频管			C	
3	具有四个有效电极或具有三个 PN 结的晶体管			D	NPN 型低频管			D	
...	...			F	P 控制极晶闸管			E	
n-1	具有 n 个有效电极或具有 n-1 个 PN 结的晶体管			G	N 控制极晶闸管			F	
				H	N 基极单结晶体管			...	
				J	P 沟道场效应管				
				K	N 沟道场效应管				
				M	双向晶闸管				

除了表 3-22 的 5 个部分组成外, 还有各公司自行规定的第 6、第 7 部分其含义如下:

第6部分的符号表示特殊的用途及特性，其常用的符号有：

M——松下公司用来表示该器件符合日本防卫厅海上自卫队参谋部有关标准登记的产品。

N——松下公司用来表示该器件符合日本广播协会（NHK）有关标准的登记产品。

Z——松下公司用来表示专为通信用的可靠性高的器件。

H——日立公司用来表示专为通信用的可靠性高的器件。

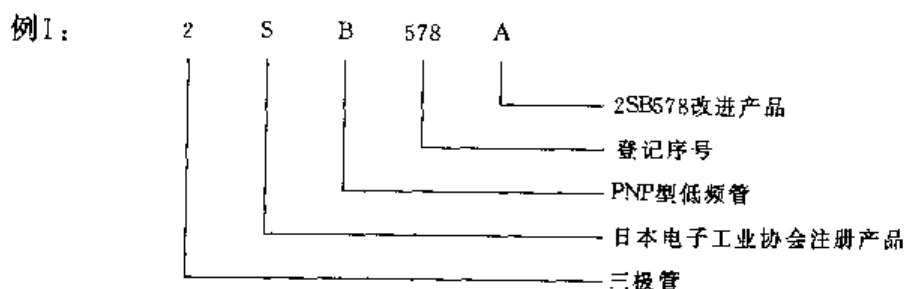
K——日立公司用来表示专为通信用的塑封外壳的可靠性高的器件。

T——日立公司用来表示收发报机用的推荐产品。

G——东芝公司用来表示专为通信用的设备制造的器件。

S——三洋公司用来表示专为通信用的设备制造的器件。

第7部分的符号，常被用来作为器件某个参数的分档标志。例如：三菱公司常用 R、



G、V等字母；日立公司常用 A、B、C、D等字母，作为直流电流放大倍数 h_{FE} 的分档标志。

以上介绍有关国家半导体器件的命名方法目的：在于维修中遇到这些管子，能够了解其作用，按第一章电子设备维修方法去找相应管子替代或更换。

二、二 极 管

1. 二极管作用及技术参数定义

二极管是由一个 PN 结构成，它具有单向导电性能。因此，它被用于整流、检波、鉴频等电路。其主要技术参数见表 3-23。

二极管主要技术参数

表 3-23

参 数	名 称	定 义	参 数	名 称	定 义
I_F	最大整流电流	二极管长期运行时，允许通过的最大正向平均电流（直流分量）	U_R	最高反向工作电压	允许长期加在二极管反向的恒定电压值
U_F	正向电压降	二极管通过额定正向电流（ I_F ）时，在管子两端产生的电压降（平均值）	I_{FSM}	不重复正向浪涌电流	一种由于电路异常情况（如故障）引起的、并使结温超过额定结温的不重复性最大正向载电流
I_R	反向漏电流	二极管两端施加规定的反向电压（ U_R ）时，通过管子的反向漏电流	I_{OM}	最大正向电流	二极管正常工作时、通过的最大正向电流
U_B	反向击穿电压	发生反向击穿时的电压值			

2. 选用

对于不同用途，其选择有所侧重，对于整流用，主要按最大整流电流 I_F 大于 1.5 倍的电流正常工作电流，最高反向工作电压应大于所用电路的最高反向电压。一般在维修中，按原型号更换，若没有，应查找有关手册，用参数接近的管子来更换。

3. 常用电路

1) 单相半波整流:

单相半波整流电路, 如图 3-2 所示。整流后的平均电压:

$$U_{av} = \frac{\sqrt{2}}{3.14} U_2 \approx 0.45 U_2$$

式中: U_2 ——变压器二次侧正弦交流电压的有效值。

加在 VD 上的反向电压的最大值 $U_{Dmax} = \sqrt{2} U_2$, 流过 VD 的平均电流 $I_{av} = \frac{0.45 U_2}{R}$, 选择管子时其 $U_R > \sqrt{2} U_2$, $I_F > I_{av}$

2) 单相全波整流:

单相全波整流电路, 如图 3-3 所示。

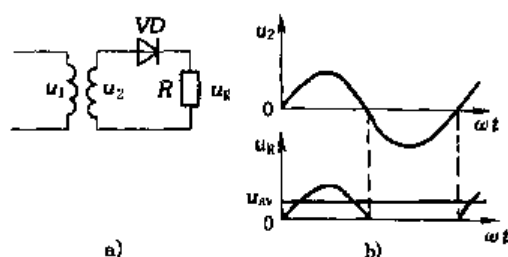


图 3-2 单相半波整流电路及其波形图

a) 整流电路; b) 波形图

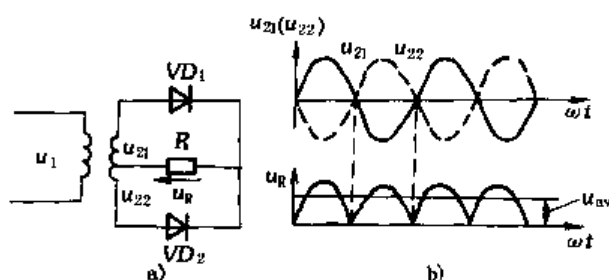


图 3-3 单相全波整流电路及其波形图

a) 整流电路; b) 波形图

整流后的平均电压:

$$U_{av} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_{21} = 0.9 U_{21}$$

加在 VD_1 或 VD_2 上的反向电压为 $U_{Dmax} = 2\sqrt{2} U_{21}$, 流过 VD_1 或 VD_2 上的平均电流 $I_{av} = \frac{U_{av}}{2R}$, 流过负荷 R 的电流 $I_R = 2I_{av} = \frac{U_{av}}{R}$ 。选择管子时, $U_R > 2\sqrt{2} U_{21}$ 及 $I_F > \frac{1}{2} I_R$ 。

3) 单相桥式整流:

单相桥式整流电路如图 3-4 所示。

其波形如同图 3-3 在波形图。整流后有平均电压:

$$U_{av} = \frac{2\sqrt{2} U_2}{\pi} \approx 0.9 U_2$$

式中: U_2 ——变压器二次测的正弦交流电压有效值。

加在每个 VD 上的反向电压最大值 $U_{Dmax} = \sqrt{2} U_2$ 流过 VD 的平均电流 $I_{av} = 0.45 U_2 / R$, 流过负载电流 $I_R = 0.9 U_2 / R$, 选择管子时 $U_R > \sqrt{2} U_2$, 及 $I_F > \frac{1}{2} I_R$ 。

4) 三相全波整流:

三相全波整流电路如图 3-5, 整流后的平均电压:

$$U_{av} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} U_2}{\pi/3} \approx 2.43 U_2$$

式中: U_2 ——变压器二次的正弦交流相电压有效值。

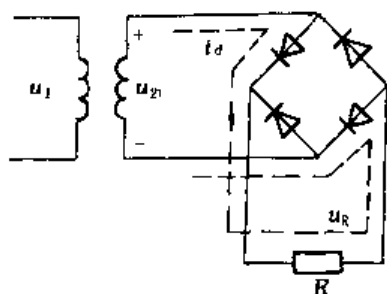


图 3-4 单相桥式整流电路

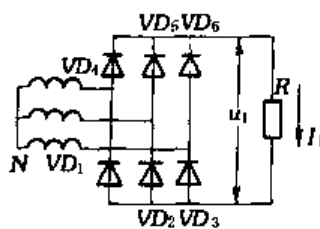


图 3-5 三相桥式整流电路

加在每个 VD 的反向最大电压 $U_{Dmax} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} U_2 = \sqrt{6} U_2 = 2.34 U_2$, 流过 VD 的平均电流 $I_{av} = 0.78 U_2 / R$, 流过负载电流 $I_R = 2.34 U_2 / R$, 选择管子时 $U_R > \sqrt{6} U_2$ 及 $I_F > \frac{1}{3} I_R$ 。

三、三 极 管

(一) 晶体三极管的技术参数和选用

1. 作用和技术参数

三极管在电子设备中应用极为广泛, 它可作为放大、开关、变阻等, 可以说, 没有三极管的应用, 就没有电子线路。所以, 它的种类很多, 型号也很多, 各种晶体三极管类型, 应用差别也很大。每一种型号的晶体管都各自有特定的技术参数。一般晶体三极管的技术参数定义见表 3-24。

晶体三极管的主要技术参数

表 3-24

晶体三极管参数名称	符 号	常用单位	晶体三极管参数名称	符 号	常用单位
集电极—基极反向截止电流	I_{CBO}	μA	直流电流放大系数	h_{FE}	
集电极饱和压降	V_{CES}	V	特征频率	f_T	MHz
集电极—发射极反向截止电流	I_{CEO}	μA	输出功率	P_0	W
集电极—基极反向击穿电压	BU_{CBO}	V	功率增益	K_P	dB
发射极—基极反向击穿电压	BU_{EBO}	V	集电极最大允许电流	I_{CM}	mA
集电极最大允许耗散功率	P_{CM}	W	最高允许结温	T_M	$^{\circ}C$
集电极—发射极反向击穿电压	BU_{CEO}	V			

2. 选用

选择晶体三极管时, 最主要考虑的参数有 f_r 、 β 、 P_{cm} 、 BU_{CEO} 、 I_{CEO} 等。参见表 3-25。

晶体三极管的一般选择原则

表 3-25

参 数	f_r	β	P_{cm}	BU_{CEO}	I_{CEO}
选择原则	$\geq 3f$	40~100	$\geq P_0$ (输出功率)	$\geq E_C$ (电源电压)	
说 明	f 为工作频率, f_T 叫特征频率, 当共发射极电流放大倍数下降到 1 时的频率值	太大易引起不稳定	甲类功放 $P_{cm} \geq 3P_0$, 甲乙类功放 $P_{cm} \geq (1/3 \sim 1/5) P_0$	对感性负载 $BU_{CEO} \geq 2E_C$	其值越小越好

(二) 晶体三极管低频电压放大器

晶体三极管低频放大器的基本要求是有足够大的放大倍数的、尽量小的输出波形失真。要达到这些要求就要选择合适的工作点。所谓工作点是指放大器无输入信号时晶体管的工作状态。只要适当地选择一组 I_b (基极直流电流), I_C (集电极电流), U_{ce} (集电极-发射极之间的压降) 值, 就可获得要求的工作点。由于晶体管的工作状态容易受温度的影响而发生变化, 为了排除这一不利的因素, 在低频放大器的电路中往往采取一些必要的措施, 如采用偏置稳定电路。

常用电子线路

1. 交流放大电路:

①共发射极电路

晶体管共发射极电路如图 3-6 所示, 其特点: 放大倍数几千到数百倍, 调整简单但稳定性差, 一般用于多级放大电路的中间级, 低频功放和电压放大。

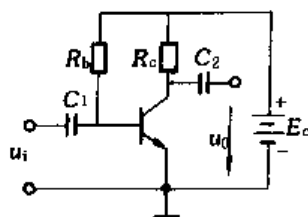


图 3-6 共发射电路

②射极跟随器

射极跟随器电路如图 3-7 所示。其特点: 电压放大倍数小于 1, 但具有电流放大倍数, 最主要特征是输入阻抗大, 输出阻抗小, 一般用于输入级或阻抗变换用。

③具有电流负反馈的放大电路

具有电流负反馈的电路, 如图 3-8 所示。其特点: 电路稳定性提高, 但放大倍数减小。级间连接比较简单, 但所用元器件比较多, 一般用于多级放大电路中。

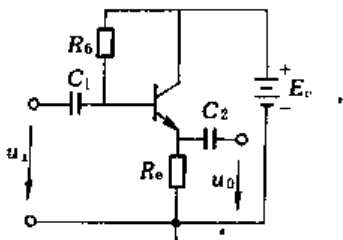


图 3-7 射极跟随器

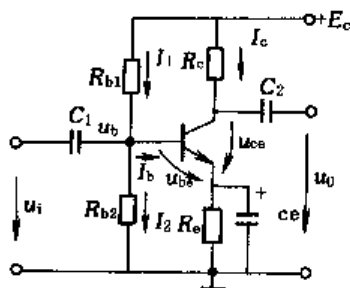


图 3-8 具有电流负反馈的电路

2. 直流放大电路

直流放大电路是把直流或缓慢变化的信号（如热电偶送来的信号）进行放大, 一般都是采用差动放大电路, 常用的有如下几种:

①具有恒流源差动电路

具有恒流源差动电路, 如图 3-9 所示。其特点: 共模抑制比大, 具有较好的温度补偿作用。补偿二极管与恒流管同一温度特性, 一般用于要求共模抑制比较大的场合。

②具有共模负反馈差动电路

具有共模负反馈差动, 电路如图 3-10 所示。其特点: 这种共模负反馈只对共模信号起作用, 对于差动信号不起作用, 所以, 它的差动放大倍数高而且稳定、非线性失真小, 频带

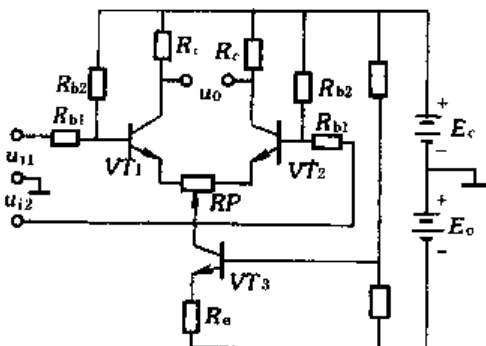


图 3-9 具有恒流源差动放大器

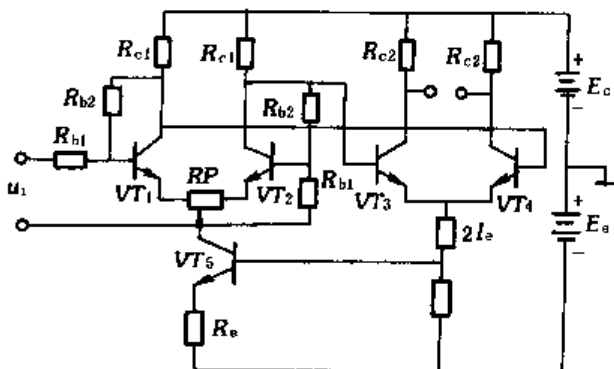


图 3-10 具有共模负反馈差动电路

宽。一般用于多级差动放大器中。

③单输入单输出差动放大电路

单端输入单端输出差动放大电路如图 3-11 所示。其

特点：线路简单，放大倍数是单管的 $\frac{1}{2}$ 。一般用于输入输出均需一端接地的地方，常用在控制系统及稳压电源中。

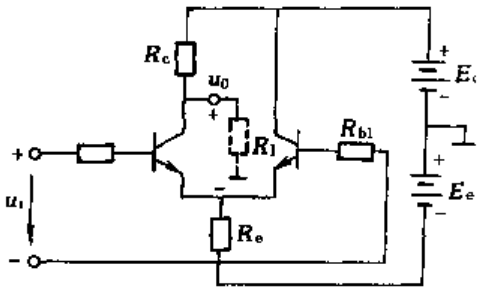


图 3-11 单端输入单端输出差动放大电路

四、运算放大器

(一) 作用

由于运算放大器具有较高的放大倍数（在开环放大倍数达 $10^4 \sim 10^6$ 以上）和深度负反馈的直流放大器。通过不同的负反馈接法和元件可对输入信号进行加、减、微分、积分运算处理，广泛应用于自动控制系统、模拟计算机及测量仪表中。在实际运用中，应注意外引接线顺序：在 YF 型中，根据底视图，由结构特征（锁口，定位孔等）按顺时针方向，依次为 1、2、3……。

(二) 常用电路

1. 由运算放大器构成的几种常用运算电路见表 3-26。

基本运算电路

表 3-26

运算关系	框图	运算函数关系
反相比例	$R_2 = R_1 // R_F$	$i_1 \approx i_f$ $U_- \approx U_+ = 0$ $i_1 = \frac{U_i - U_-}{R_1} = \frac{U_i}{R_1}$ $i_1 = \frac{U_- - U_o}{R_F} = \frac{-U_o}{R_F}$ $\text{闭环电压放大倍数 } K_{uf} = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{R_F}{R_1}$ $\text{输出与输入的关系 } \frac{U_i}{R_1} = \frac{U_o}{R_F} (\text{反相比例})$ $\text{若 } R_F = R_1 \text{ 则 } U_i = -U_o (\text{叫反相器})$
反相加法运算	$R_2 = R_{11} // R_{12} // R_{13} // R_F$	$i_{11} = U_{i1}/R_{11} \quad i_f = i_{11} + i_{12} + i_{13}$ $i_{12} = U_{i2}/R_{12} \quad U_o = -\left(\frac{R_F}{R_{11}}U_{i1} + \frac{R_F}{R_{12}}U_{i2} + \frac{R_F}{R_{13}}U_{i3}\right)$ $i_{13} = U_{i3}/R_{13} \quad i_f = -U_o/R_F$ $\text{当 } R_{11} = R_{12} = R_{13} = R_1 \text{ 得}$ $U_o = -\frac{R_F}{R_1}(U_{i1} + U_{i2} + U_{i3})$ $\text{当 } R_F = R_1 \text{ 得}$ $U_o = -(U_{i1} + U_{i2} + U_{i3}) \text{ 这是反相加法运算}$
同相运算		$U_- \approx U_+ = U_i$ $i_1 = \frac{-U_-}{R_1} = -\frac{U_i}{R_1}$ $i_f = \frac{U_- - U_o}{R_F} = \frac{U_i - U_o}{R_F}$ $i_1 = i_f$ 闭环电压放大倍数 $K_{uf} = \frac{U_o}{U_i} = 1 + \frac{R_F}{R_1}$ $\text{当 } R_1 = \infty (\text{即开路}) \text{ 或 } R_F = R_2 = 0 \text{ 则得}$ $K_{uf} = \frac{U_o}{U_i} = 1 \text{ 这就是同号器, 又叫电压跟随器}$

运算关系	框图	运算函数关系
差减运算		$U_- = U_{d1} - i_1 R_1 = U_{d1} - \frac{U_{d1} - U_0}{R + R_F} R_1$ $U_+ = \frac{U_2}{R_2 + R_3} R_3$ $U_- \approx U_+$ $U_0 = \left(1 - \frac{R_F}{R_1}\right) \frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_F}{R_1} U_{d1}$ 当 $R_1 = R_2$ 和 $R_F = R_3$ 得 $U_0 = \frac{R_F}{R} (U_2 - U_{d1}) \text{ 这是差动运算}$ 当 $R_1 = R_F = R_2 = R_3$ 得 $U_0 = U_2 - U_{d1} \text{ 这是减法器}$
积分运算		$U_- \approx 0 \text{ (虚地)}$ $i_1 = i_f = U_i / R_1$ $U_0 = -U_c = -\frac{1}{C_F} \int i_1 dt = -\frac{1}{R_1 C_F} \int U_i dt$ 即输出 U_0 与输入 U_i 成积分关系 当 $U_i = V_i$ (直流) 则 $U_0 = -\frac{V_i}{R_1 C_F} t \text{ 即 } U_0 \text{ 是时间的线性函数}$
微分运算		$U_- = 0$ $i_1 = C_1 \frac{dU_i}{dt} = C_1 \frac{dU_i}{dt}$ $U_0 = -i_1 R_F = -R_F C_1 \frac{dU_i}{dt}$ 即输出与输入成微分关系

2. 由运算放大器构成的常用脉冲电路

(1) 用集成运算放大器构成的单稳态电路

图 3-12, 它由一个集成运算器 F , R_3 和 DW_1 , DW_2 双向稳压管的双向对称稳压电路; R_1 , R_2 分压器: 一个 RC 积分电路和一个 R_1C_1 微分电路组成。各元件的功能: R_1 和 C_1 微分电路是把触发负脉冲变换为负尖脉冲; RC 积分电路是暂态时间的放电延时电路, R_1R_2 是分压器取出正反馈 (所谓正反馈是指反馈量的极性与输入量的极性相同的反馈)。若在图中 U_P 同相输入端加入一个为 “+” 信号输入, 运算放大输出为 “+”, 在 R_1R_2 分压取出信号也是 “+”, 与 U_P 点输入极性相同, 所以, 这是正反馈, R_3 , DW_2 , DW_1 是一个双向对称稳压电路, 使输出电压 V_{out} 稳定在 $+V_W$ 或 $-V_W$ 。下面我们分析其工作

① 稳定状态

在电路设计时,适当选取 R_1, R_2 , 使得分压点 $U_P \left(U_P = + \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_W \right)$ 大于二极管 D_r 的阴极电位, 使 D_r 导通。有一个“+”的 V_P 保持输出电压 $U_{out} = +V_W$, 同时, V_W 通过 R 给 C 充电, 充到两端电压 U_C 大于二极管 D_1 的正向压降 U_{D1} 时, D_1 导通。运算放大器

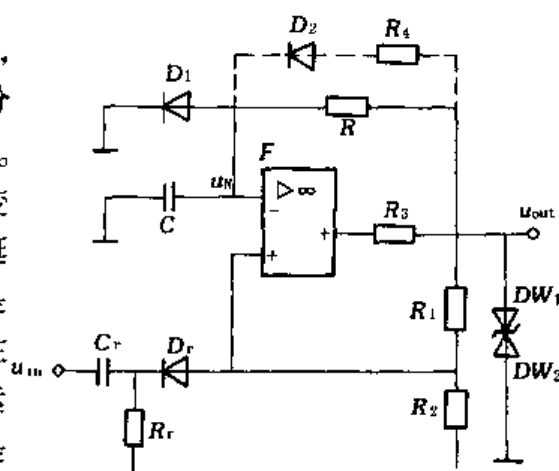


图 3-12 运算放大器组成单稳态电路

的反相输入端 U_N 被钳位在 U_{D1} ，这就是稳定状态。

②暂时稳定状态

当 t_1 时刻输入端 U_{in} 送来一个负脉冲，只要幅度大于 $U_P = \left(+ \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_W \right) - U_{Dr}$ ，就能使单稳态电路翻转。翻转过程：负尖脉冲通过 D_1 加到运算放大器的同相输入端，使输出端变负，通过 R_1 、 R_2 正反馈，更进一步使同相输入端变负， F 的输出端就变为更负，一直到被 D_W 稳压管稳压在 $-V_W$ 值上。此时，电路处于暂稳态。当输出转为 $-V_W$ 时， C 就通过 R 和 $-V_W$ 进行放电。随着 C 放电，反相输入端 U_N 的电位就逐渐下降，当 U_N 电位下降到等于同相输入端 U_P 时，即 $|U_P| = |U_N|$ ，此时电路在临界状态，当 C 进一步放电，使反相输入端 U_N 低于同相输入 U_P ，即反相输入端的作用大于同相输入端，在 t_2 时刻， U_N 的“-”就使运算放大器输出为+，通过 R_1 、 R_2 正反馈，使电路迅速翻转，使输出 U_{out} 由 $-V_W$ 变为 $+V_W$ 。恢复稳定状态，暂稳态结束， C 又开始充电，充到 U_{D1} 使 D_1 导通， U_N 就被限位在 U_{D1} 。等待下一个触发负脉冲到来。其工作波形见图 3-13。其暂稳态时间 t_{Pd} 按下式估算：

$$t_{Pd} \approx RC_{ln} \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

若取 $R_1 = R_2$

$$t_{Pd} = RC_{ln} 2 = 0.7RC$$

该电路具有温度稳定性好，脉冲宽度调节范围大，调试简便等优点，但是，在稳定状态时， C 的充电恢复时间与暂稳定态时间相当。这是因为电容 C 的充电时的时间常数与放电的时间常数相同。为了加快充电在 R 两端并一个二极管 D_2 如图的点划线部分所示。由于二极管的正向电阻小于 R ，那么，充电时间常数就变为 $\tau' = \left(\frac{RR_D}{R + R_D} \right) C$ （其中 R_D 为二极管正向电阻 700Ω 左右）。使充电恢复时间减小。

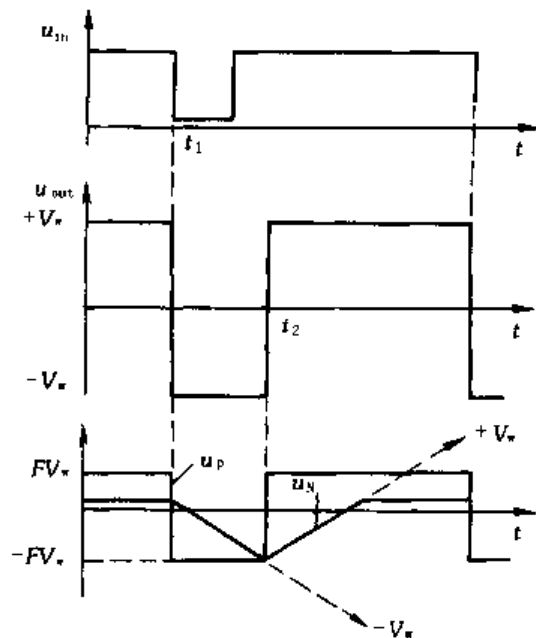


图 3-13 运算放大器组成单稳态电路工作波形

(2) 运算放大器构成的施密特电路

图 3-14a) 是运算放大器构成施密特电路，它实际上是一个电压比较器，同相输入端的

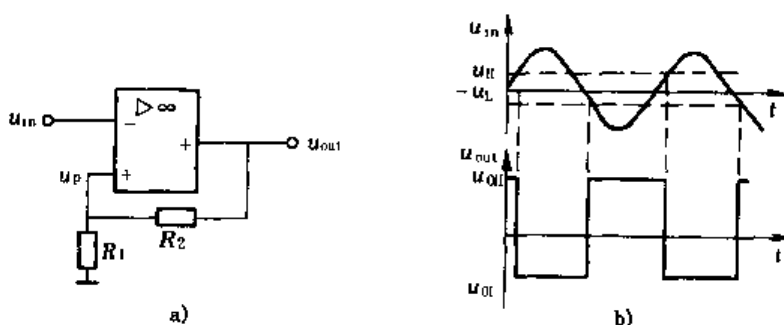


图 3-14 运算放大器构成的施密特电路

a) 电路图；b) 波形图

电位 $U_P = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{out}$, 令 $F = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$, $U_P = FU_{out}$ 通常把 F 称为反馈系数。当输入信号 U_{in} 小于即 $U_{in} < U_P$ 时, 则放大器输出为高电平, 即: $U_{out} = U_{OH}$, 此时的同相端的电压:

$$U_P = U_{PH} = FU_{out} = FU_{OH}$$

当输入信号 U_{in} 增加到略大于 U_{PH} 时, 反相输入端的作用大于同相输入端, 使运算放大输出 U_{out} 变小, 通过 R_1, R_2 反馈到同相输入端, 使 U_P 进一步减小 (相当于反相输入端进一步加强), 几经反复, 使运算放大器输出 U_{out} 为 $-U_{OH}$ 。

同样的道理, 当信号过了峰值后, 逐渐下降, 下降到低于 $U_L = F(-U_{OH}) = -FU_{OL}$ 。才能使电路翻转, 运算放大器输出 U_{OH} 由负的最大变为正的最大, 回复到起始状态。

由运算放大器构成的施密特电路, 也存在着“回差现象”, 而且上门槛电压极性与下门槛电压极性相反。它的上阈值:

$$U_H = FU_{OH}$$

下阈值:

$$U_L = -FU_{OL}$$

这种施密特电路简单, 但稳定性差, 精度不够高。阈值电压都是受运算放大器的输出电压影响。为此, 把运算放大器输出通过稳压管稳压后, 再反馈到同相输入端, 提高电路稳定性和精确度。如图 3-15 所示。

(3) 运算放大器构成的多谐振荡器

由于自激多谐振荡器是没有稳态, 所以, 只要在运算放大器构成的单稳态电路中, 把并在电容上二极管去掉, 略做改动就可成为一个多谐振荡器, 如图 3-16 所示。其工作原理: 当电路一接通电源, 有可能同相输入端 U_P 电位高于反相输入 U_N , 也可能反相输入端 U_N 电位高于同相输入端 U_P ; 它是随机的。假定 $U_P > U_N$ 时, 通过运算放大器, 其输出是高电位, 再通过 R_1, R_2 的正反馈, 使 U_P 进一步提高, 通过几次反复放大后, 运算放大器的输出 U_{out} 就被双向稳压管稳定在 $+V_W$ 。同时 $+V_W$ 就给 C 充电, 充电路径是: $U_{out} \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow$ 接地, 充电的时间常数为 RC , 极性为上 $\oplus$, 下 $\ominus$ 。随着时间的推移, 反相输入端 U_N 的电位就提高, 当 U_N 电位提高到大于同相输入 $U_P = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_W$ 时, 反相输入端作用大于同相输入端, 使运算放大器输出 U_{out} 减少, 经正反馈电路, 使 U_P 减少, 相当于 U_N 反相方向增加, 很快就使运算放大器输出为反相的最大, 被双向稳压管稳定在 $-V_W$, 同时 C 在开始放电, 放电时间常数为 RC 。一直放到电容两端电压为 0。然后, 进行反向 (相对前一个状态) 充电, 充电路径为: 地 $\rightarrow C \rightarrow R \rightarrow U_{out} (-V_W)$, 充电时间常数不变, 仍然为 RC 一直充到 $U_N = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_W$ 时, 同相输入和反相输入电位一样, 但是, 电容 C 充电没有停止, 还要再充。只要 U_N 往负方向增加。反相输入端作用大于同相输入端。那么, 负信号通过反相输入端放大, 其输出就为正信号 (相当于负输出减小), 又经正反馈电路反馈到同相输入端, 进一步使负输出减小。一直减小到 0, 然后, 往正方向增加, 增加到 $U_{out} = +V_W$ 。又恢复到前一个状态。又要开始进行充电, 重复上述

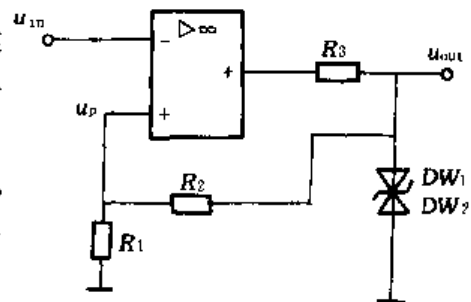


图 3-15 改进型运算放大器
构成施密特电路

过程，就是这样周而复始，产生振荡输出方波。如图 3-17 所示。其方波周期，按数学推导得到：

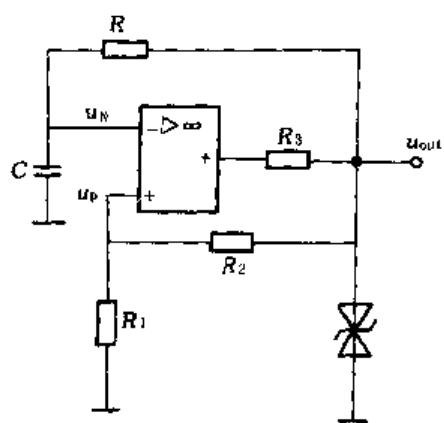


图 3-16 运算放大器构成的多谐振荡器

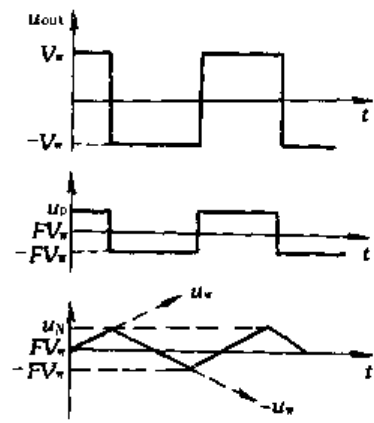


图 3-17 运算放大器构成的多谐振荡器波形

$$T = 2RC \ln \frac{1 + F}{1 - F}$$

式中：F——反馈系数：

$$F = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

若适当选择 R_1 、 R_2 使 $F=0.47$ ，则振荡周期可简化为 $T=2RC$ 。

这种多谐振荡器特点：

- ①调试方便，只要调整 R_1 或 R_2 就可调节振荡周期 T 。
- ②振荡周期与输出方波的幅度无关，振荡频率和稳定性主要取决于电容器和稳压管的稳定性。即使线性组件性能差，频率漂移也很小。一般振荡频率为 10Hz~10kHz。若选用高性能快速的运算放大器，其振荡频率可达到 100kHz 以上。

五、半导体集成电路

1. 我国半导体集成电路型号命名法

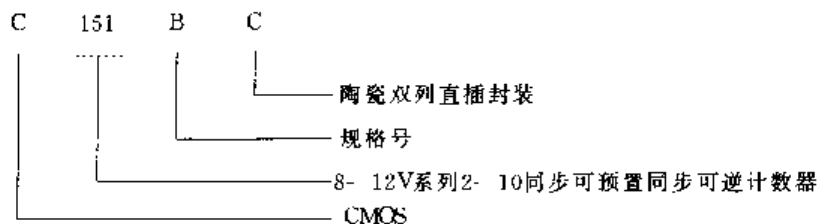
1) 部标准命名法

部标半导体集成电路的型号，由四个部分组成，各组成部分、符号及意义见表 3-27。

部标半导体集成电路型号的四个组成部分的符号及意义 表 3-27

第 1 部分		第 2 部分		第 3 部分		第 4 部分	
电路的类型，用汉语拼音字母表示		电路的系列及品种序号，用三位阿拉伯数字表示		电路的规格号，用汉语拼音字母表示		电路的封装，用汉语拼音字母表示	
符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义	符号	意 义
T	TTL	001	由有关工业部门制定的“半导体集成电路系列品种代号”中所规定的电路品种	A	每个电路品种的主要电参数分档	A	陶瓷扁平
H	HTL	:		B		B	塑料扁平
E	ECL	999		C		C	陶瓷双列
I	ITL			:		D	塑料双列
P	PMOS					Y	金属圆壳
N	NMOS					F	F 型
C	CMOS						
F	线性放大器						
W	集成稳压器						
J	接口电路						

例:COMS2---10 2---10进制可预置同步可逆计数器(双时钟)



2) 国标半导体集成电路型号命名法

我国国标半导体集成电路型号各部分的符号及含义见表 3-28。

我国半导体集成电路型号的 5 个组成部分的符号及意义

表 3-28

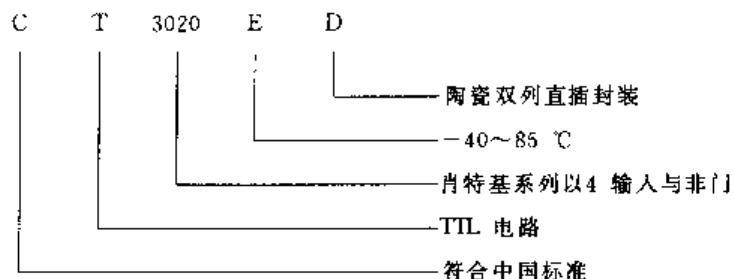
第 0 部分		第 1 部分		第 2 部分		第 3 部分		第 4 部分	
用字母表示器件符合国家标准		用字母表示器件的类型		用阿拉伯数字表示器件的系列和品种代号		用字母表示器件的工作温度范围		用字母表示器件的封装	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
C	中国制造	T	TTL			C	0~70℃	W	陶瓷扁平
		H	HTL			E	-40~85℃	B	塑料扁平
		E	ECE			R	-55~85℃	F	全密封扁平
		C	CMLS			M	-55~125℃	D	陶瓷直插
		F	线性放大器					P	塑料直插
		D	音响、电视、电路					J	黑陶瓷直插
		W	稳压器					K	金属菱形
		J	接口电路					T	金属圆形
		B	非线性电路						
		M	存储器						
		μ	微型机电路						

2. 使用注意事项

①不同材料的集成电路不能代换。

②注意引线脚的排列：A、B、C、D 型的引线顺序是，按（链状，凹口，标记等）的俯视图，从左下角起按逆时针方向，依次为 1、2、3……。

例：肖特基 TTL 双 4 输入与非门



③使用前必须熟知被用集成芯片功能、参数、管脚作用。必要时应查找有关手册。

六、晶 闸 管

1. 作用和参数

晶闸管主要用于变流装置，把交流变为直流或直流变为交流（叫逆变）。它除了具有晶体二极管的单向导电性能外，还可以控制它的导通时间。

晶闸管的主要技术参数的含义。

(1) 断态重复峰值电压 U_{DRM} : 晶闸管两端出现的重复最大瞬时值断态电压, 包括所有的重复瞬时电压, 但不包括所有不重复瞬态电压。

(2) 反向重复峰值电压 U_{RRM} : 晶闸管两端出现的重复最大瞬时值反向电压, 包括所有的重复瞬态电压, 但不包括所有的不重复瞬态电压 (不适用于双向晶闸管)。

(3) 额定电压: 通常用 U_{DRM} 和 U_{RRM} 中较小的那个值 (用 kV 表示) 标作器件型号上的额定电压。

(4) 通态平均电流 $I_{\text{T(av)}}$: 通态电流在一个整周期内的平均值 (不适用于双向晶闸管)。

(5) 通态方均根电流 I (双向晶闸管), 双向晶闸管的通态电流在一个整周期内的方均根值 (有效值)。

(6) 维持电流 I_{H} : 使晶闸管维持通态所必须的最小主电流。

(7) 门极触发电流 I_{GT} : 使晶闸管由断态转入通态所必须的最小门极电流。

(8) 门极触发电压 U_{GT} : 产生门极触发电流所必须的最小门极电压。

(9) 通态电流临界上升率 $\frac{di}{dt}$: 在规定条件下, 晶闸管能承受而无有害影响的最大通态电流上升率。

(10) 断态电压临界上升率 $\frac{dU}{dt}$: 在规定条件下, 不导致从断态到通态转换的最大主电压上升率。

2. 晶闸管常用整流电路

(1) 单相半波具有续流二极管整流电路。

单相半波具有续流二极管整流电路, 如图 3-18 所示。当 $\omega L \gg R$ 时, 整流后, 输出的平均电压:

$$U_{\text{av}} = 0.45 U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

式中: U_2 ——变压器二次侧电压有效值;

α ——晶闸管控制角。

流过晶闸管的平均电流 I_{Tav} 和有效值 I_{T} 分别为:

$$I_{\text{Tav}} = \frac{\pi - \alpha}{2\pi} I_{\text{dav}}$$

$$I_{\text{T}} = \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi}} I_{\text{dav}}$$

流过负载的平均电流 $I_{\text{dav}} = \frac{U_{\text{dav}}}{R}$

(2) 单相桥式全控整流电路

单相桥式全控整流电路如图 3-19 所示。当 $\omega L \gg R$ 时, 整流后输出的平均电压:

$$U_{\text{av}} = 0.9 U_2 \cos \alpha$$

式中: U_2 ——变压器二次侧电压有效值;

α ——晶闸管控制角。

流过晶闸管通态平均电流 I_{Tav} 和有效电流 I_{T} 分别为:

$$I_{\text{Tav}} = 0.707 I_{\text{dav}} \quad I_{\text{T}} = 0.45 I_{\text{dav}}$$

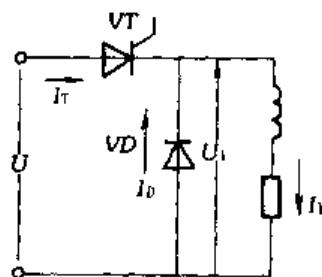


图 3-18 单相半波有续流二极管整流电路

负载的平均电流： $I_{\text{dav}} = \frac{U_{\text{av}}}{R}$

(3) 三相共阳极半波整流电路

三相共阳极半波整流电路如图 3-20 所示。当 $\omega L \gg R$ 时，整流后，输出的平均电压为：

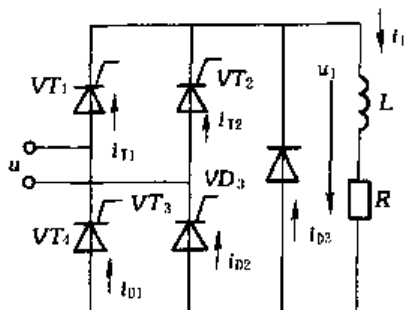


图 3-19 单相桥式全控整流电路

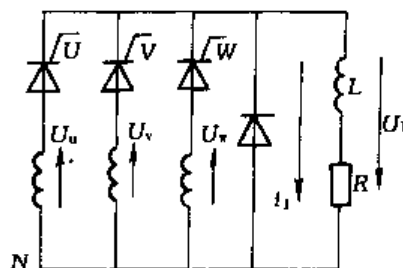


图 3-20 三相半波整流电路

$$U_{\text{av}} = 1.17 U_2 \cos \alpha$$

式中： U_2 ——变压器二次侧相电压有效值；

α ——晶闸管控制角。

流过晶闸管通态平均电流 I_{Tav} 和有效电流 I_T 分别为：

$$I_{\text{Tav}} = 0.368 I_{\text{dav}} \quad I_T = 0.577 I_{\text{dav}}$$

流过负载的平均电流： $I_{\text{dav}} = \frac{U_{\text{av}}}{R}$

(4) 三相桥式全控整流电路

三相桥式全控整流电路如图 3-21 所示。注意：晶闸管排列序号，为了保证成对导通，必须同时有触发脉冲，为此，就采用了两种触发方式。一种是宽脉冲，必须大于 60° 而小于 120° ，一般取 $80^\circ \sim 100^\circ$ （叫宽脉冲触发）。每隔 60° 按 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$ 顺序触发对应的序号晶闸管；另一种是触发某一号晶闸管时，同时给前一号晶闸管补发一个触发脉冲（叫双脉冲触发）。

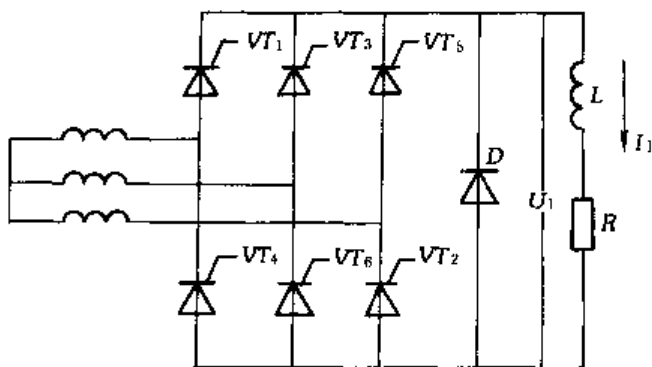


图 3-21 三相桥式全控整流电路

当 $\omega L \gg R$ 时，整流后，输出的平均电压为：

$$U_{\text{av}} = 2.34 U_2 \cos \alpha$$

式中： U_2 ——变压器二次侧相电压有效值；

α ——晶闸管控制角。

流过晶闸管通态平均电流 I_{Tav} 和有效电流 I_T 分别为：

$$I_{\text{av}} = 0.368 I_{\text{dav}} \quad I_T = 0.577 I_{\text{dav}}$$

流过负载的平均电流： $I_{\text{av}} = \frac{U_{\text{av}}}{R}$

第四节 磁性材料

磁性材料是用作于电机、电器、变压器、仪表等，构成磁通回路，要求其具有较高的导磁率和较低的热损耗。按其特性应用通常可分为软磁材料和永磁材料。

一、软磁材料

软磁性材料具有高导磁、低铁损、低矫顽力。在外磁场作用下，能产生高的磁感应强度。而且随外磁场的增大而迅速达到饱和。当外磁场去掉后，磁性也不消失。它一般用作电机铁心、变压器铁心和电器及电磁铁心。

软磁性材料：电工用纯铁、硅钢片、铁镍合金，铁铝合金等，其中硅钢片较为常用。它又分为热轧和冷轧硅钢片两种，冷轧硅钢片又分为晶粒取向和无取向两种。冷轧硅粒取向硅钢片使磁场顺着晶粒取向，具有较高的电磁性能，它用于制作大型发电机、变压器铁心。一般的频率下大量使用0.35~0.55mm厚的硅钢片。较高频率时常常用0.05~0.20mm厚的薄带硅钢。

二、永磁材料

这种材料具有较大的矫顽力，一旦饱和磁化后，把外磁场去掉后，它仍然保持较大的稳定的磁性，但它的磁导率低。常用的永磁材料有：铸造铝钴系列，粉末烧结铝镍钴系列，铁氧体系列，稀土钴系列，塑性变形系列等。按照不同的特性，具有不同的用途。像定向结晶的铝镍钴52，就可用于制作精密磁电式仪表，永磁电机，微电机，扬声器，微波器件；像稀土钴系列就可用于制作整流低速转矩电机，启动电动机，磁推轴承等。

第五节 船用其他电气附属材料

一、轴 承

船上电机型号很多，大小和用途不一，为此，对应的轴承型号也很多，一般按照滚动件不同，可分为：球轴承（曾称滚珠轴承）、圆柱滚子轴承（曾称滚柱轴承）、圆锥滚子轴承（曾称斜向滚柱轴承）。

1. 球轴承

这种轴承的滚动体为珠体。其特点是主要承受径向力，承受不大的轴向力，而且结构简单，维护方便，特别是密封式球轴承几乎不需维护。这种轴承在船上电机中应用极为广泛，特别是小型电机。

2. 圆柱滚子轴承

这种轴承滚动体是圆柱体，它具有承受径向和轴向力、承受负荷能力大，一般用于大、中型电机，如船上较大容量的泵（海水泵、滑油泵）、发电机及较大变流电机组。

3. 圆锥滚子轴承

这种轴承滚动体是圆锥柱，它具有承受较大的轴向力，这种轴承用于工程船上电力推进电机和大型船舶和渡轮的侧推电机。

在维修电机中，一定要严格按原电机的轴承型号来更换。一般查看拆下的旧轴承外圈沿的型号标注，若看不清，可查找船舶设备说明书上标注轴承规格。同时，在日常维修过程中也应将型号用量记录在备件簿上，以便查找备件库存量（注：本船所用的）。由于在船上，轴承运用很多，型号不一，所以，根据各种型号的用量，应有一定的储备量，至少每种型号有一个备件。对于用量大的型号应按 3~5:1 储备备件。

二、常用电机润滑脂

润滑脂用于润滑轴承，减少轴承滚动体的摩擦力，同时也起着对滚动体冷却散热作用。常用的船上电机轴承润滑脂见表 3-29。

常用润滑脂的品种及使用场合 表 3-29

名 称	代 号	颜 色	熔点温度 (℃)	适 用 场 合
钠基润滑脂	1 号 ZN-1 2 号 ZN-2	呈深黄色到暗褐色 软油膏状	130 150	温度较高、清洁无水条件下用于开启式电动机
钙钠基润滑脂	1 号 ZGN-1 2 号 ZGN-2	呈黄到深棕色 均匀软膏	120 135	温度较高、允许有水蒸气条件下，用于开启式、封闭式电动机
钙基润滑脂	1 号 ZG-1 2 号 ZG-2 3 号 ZG-3 4 号 ZG-4	呈淡黄色到暗褐色 在玻璃上涂抹 1~2mm 厚的 润滑脂层透光检查时，均匀无 块状物	75 80 85 90	用于一般工作温度，与水接触的封闭式电动机
复合钙基润滑脂	1 号 ZFG-1 2 号 ZFG-2 3 号 ZFG-3 4 号 ZFG-4	呈黄色到暗褐色的光滑透明 油膏	180 200 220 240	用于高温有严重水分场合的封闭式电动机
铝基润滑脂	2 号 ZU-2	呈淡黄色到暗褐色的光滑透 明油膏	75	用于高温及严重水分场合，特别适用于湿热带型电动机

第四章 船舶电器维修

本章主要内容：讲述船用接触器、继电器、自动开关的维护保养和故障检修，并介绍PC可编程控制器的维修保护和故障检修。

第一节 电器分类和型号命名

一、低压电器分类

船舶的电力系统一般都是低压系统，因此，船舶电器一般都是低压电器，低压电器种类很多。根据控制对象不同可分为：

1. 控制电器

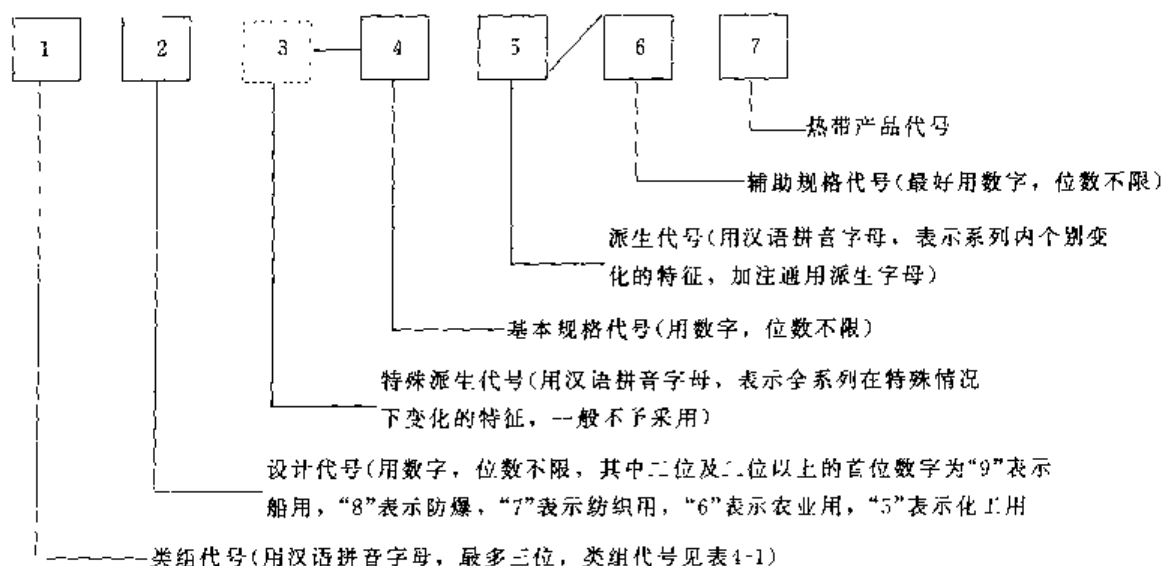
这种电器主要用于电力传动系统中，它应具有工作准确可靠、操作频率高、寿命长和尺寸小。这类电器有接触器，各种继电器，行程开关，主令器，变阻器，电磁铁等。

2. 配电电器

这种电器主要用于低压电力系统及动力装置中，它具有能在故障情况下可靠操作，在发生短路故障时，应具有热稳定和电动稳定。这类电器有：自动开关，熔断器，刀开关，转换开关等。

二、低压电器型号命名法

低压电器型号一律采用汉语拼音字母及阿拉伯数字来表示，其格式如下：

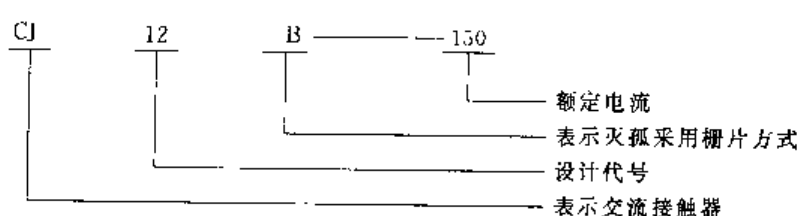


低压电器产品型号类组代号表

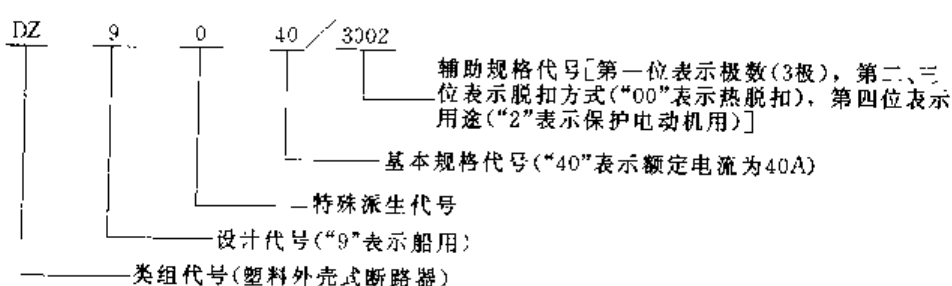
表 4-1

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	T	M	A
名称	刀开关和刀形转换开关	熔断器	断路器	控制器	接触器	起动器	控制继电器	主令电器	电阻器	变阻器	调整器	电磁铁	其他
A						按钮式		按钮					
B									板形元件				触电保护器
C		插入式				电磁式			冲片元件	旋臂式			插销
D	刀开关						漏电		铁铬铝带型元件		电压		信号灯
E													
F													
G				鼓形	高压				管形元件				
H	封闭式负荷开关	汇流排式											接线盒
J					交流	减压		接近开关					
K	开启式负荷开关				真空			主令控制器					
L		螺旋式					电流			励磁			电铃
M		密闭管式	灭磁		灭磁								
N													
P				平面	中频					频敏			
Q										起动		牵引	
R	熔断器式刀开关						热		非线性电力电阻				
S	刀形转换开关	快速	快速		时间	手动	时间	主令开关	烧结元件	石墨		三相	
T		有填料封闭管式		凸轮	通用		通用	足踏开关	铸铁元件	起动调速			
U						油浸		旋钮		油浸起动			
W			框架式				温度	万能转换开关		液体起动		起重	
X						星三角		行程开关	电阻器	滑线式			
Y	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	其他	硅碳电阻元件	其他		液压	
Z	组合开关	自复	塑料外壳式		直流	综合	中间					制动	

例1



例2



第二节 接触器维修

一、接触器的维护

船舶各种辅助机械的动力几乎都是由电动机来驱动，电动机都是由接触器来控制的，因而，接触器在船上用量很大。接触器的维护成为电管人员经常性工作，只有通过良好的维护和检修，才能保证接触器可靠性，延长其使用寿命。接触器的维护工作通常包括下列几个方面：

1. 保持接触器清洁。清除接触器零件上堆积的粉尘、油垢等污物。因为这些污垢堆积过多会使运动系统卡住，机械磨损加大，特别是甲板面上的起货机控制箱内的接触器。经常处于装、卸货的粉尘中，应经常进行清洁。一般清洁的方法有：用压缩空气吹，用毛刷，然后用清洁剂或酒精棉布擦净油垢，或用喷雾式电气清洁剂清洁。

2. 定期检查接触器所有紧固螺丝及紧固件。特别是静触头的紧固和接线端头紧固。若松动会引起接触不良，增大接触电阻，造成局部过热、断相、相间短路等故障。其他部分松动有可能造成机械卡死。

3. 定期手动检查接触器运行机构的运动是否灵活，并在转轴（若有轴承）注入少量润滑油。

4. 定期检查调整接触器触头的压力、开距、超行程。应调整各相触头同时接触。

5. 定期检查接触器线圈是否牢固地装在铁心上，温升是否过高，使用前应用兆欧表检测线圈绝缘电阻，而且相间、对地绝缘电阻应大 $1\text{M}\Omega$ 。

二、接触器的检修

1. 灭弧罩的检修

小心取下灭弧罩，用毛刷或竹板清除罩内脱落物及触头拉弧后产生的金属颗粒，灭弧罩破裂、缺损或严重碳化，应及时更换。栅片或灭弧罩发生烧损变形严重或栅松脱，也应更换新罩。

2. 主触头的检修

对于铜质触头发现变色或相邻的绝缘零件烧焦，散发烧焦味时，表明铜触头已经接触不良，产生过热。此时，应检查并调整触头开距，超行程及触头接触情况，并手动或缺载情况下通电操作几次，把静、动触头的氧化膜清除掉，若清除不掉，可用 0 $\pm$ 砂纸或小细锉轻轻地修整触头接触面，然后用电气清洁剂喷洗，干净破棉布擦干。若发生长期工作制接触器触头过热或熔焊在一起时，则应改选用额定电流大一级的接触器。

对于银或银合金触头，若触头表面上变黑或轻微拉毛，可不清理。若发生触头温升过高时，就应把这些氧化物清除掉，把毛刺锉平。对于烧损严重，开焊、脱落或磨损到原厚度 $\frac{1}{3}$ ，可更换新触头。

3. 铁心的检修

应检查铁心表面是否有油垢、生锈，若有，应清除油垢、铁锈，保持铁心触头面洁净，检查短路环是否断裂或脱落，若短路环损坏，应及时修复或更换短路环，或更换整个铁心。

4. 线圈的检修

应检查线圈引线与导线是否脱焊或断路；检查线圈温升，若线圈外表层颜色老化变深，说明温度高于 65℃，这时应查明原因（请见表 4-2），若发生线圈断路，故障在表层，可拆下线圈后拆除断匝，然后用相同漆包线补齐断匝，并焊牢即可。焊头处应用砂纸打去漆皮然后涂上中性焊剂，焊牢并压平，用黄蜡绸包好，做好绝缘处理，在深层或内接头处断路或断匝，只能重新绕制。

重新绕制线：

①拆下已损坏的原线圈。

②把原线圈连同线圈框架装在绕线机（注意：拆出线时，能带动绕线机顺时针方向转），把绕线机长、短指针调零，然后，拆线，若线圈烧焦、贴结，可用喷灯边加热边拆线，拆完线，绕线机上长、短指针读数就是原线圈的匝数。若损伤严重，绕毁后无法在绕线机拆线计数（特别是线径很细而又绕结严重），又无处查找对应线圈匝数时，可按下列来估算匝数：

a. 交流线圈：

$$N = 45 \frac{U}{BA}$$

式中：N——线圈匝数；

A——原有铁心截面积 cm^2 ；

B——磁通密度，T，通常可取 0.9~1.2T，大容量接触器取较低值，小容量接触器取较高值；

U——线圈额定电压 V。

b. 直流线圈：

$$N = \frac{A}{\frac{\pi}{4} d^2} K$$

式中：N——线圈匝数；

A——原线圈横断面积， $A = \frac{b-a}{2} L$ ，如图 4-1 所示；

d——线径（包括绝缘层），mm；

K——充填系数取 $K = 0.3 \sim 0.5$ 。

③用千分尺测出线径（注意：应去掉漆皮），选取相同线径同型号的漆包线，若不知其原线圈漆包线型号，船上一般可选用 QZ 聚酯漆包线，甲板面上的接触器线圈，可选择 QH 环氧漆包线。

④把原线框架处理干净，垫上一层绝缘薄膜，就可进行绕线，绕线时，应使线排列均匀，不交叉、不打结。

⑤吸力试检：把绕好的线圈套在铁心上，进行吸力试验。对于交流线圈，若吸力太大，应增加线圈匝数，吸力过小，应减少匝数。对于直流线圈，正好相反。

⑥浸漆、烘干：先将线圈加热 105~110℃，烘干 3h，然后冷却到 60~70℃，浸渍环氧脂漆或聚酯浸渍漆中 4h，取出后滴净，把框架内孔残漆擦除，以 110~120℃ 进行烘干 10h，即可。

⑦装配、接线：按照要求配于铁心上，并接好电源引线。

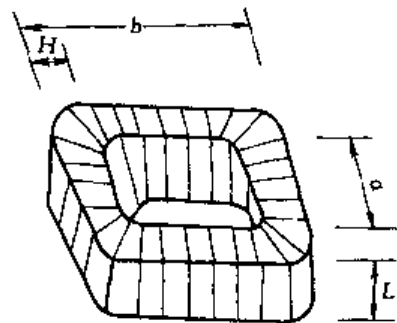


图 4-1 直流线圈横断面

三、检修后的检验

接触器检修后或容量比较大的接触器定期检验的内容包括如下几个方面：

1. 测量主触头与联锁触头的开距与超程

触头的开距是指触头在完全分开时动、静触头间的最小距离。触头的超程是触头完全闭合时，将静触头取走后，动触头从接触处发生的位移。直动式桥式触头与转动式指式触头的开距与超行程如图 4-2、图 4-3 所示。开距与超程用卡尺、内卡钳、塞尺或专用样板等量具测量。测量转动式指式触头超程时，将静触头卸下，测量动触头在接触处发生的位移，也可以测量动触头与支架间间隙，再进行换算。在图 4-3 中 L_1 为测量点到支点间距离， L 为动触头接触处到支点间距离，则触头的超程 δ 为： $\delta = \delta_{L_1} \frac{L}{L_1}$

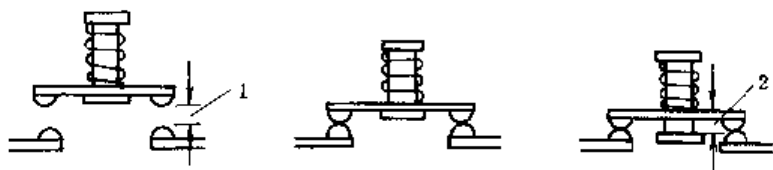


图 4-2 直动式桥式触头的开距与超程

1-开距；2-超程

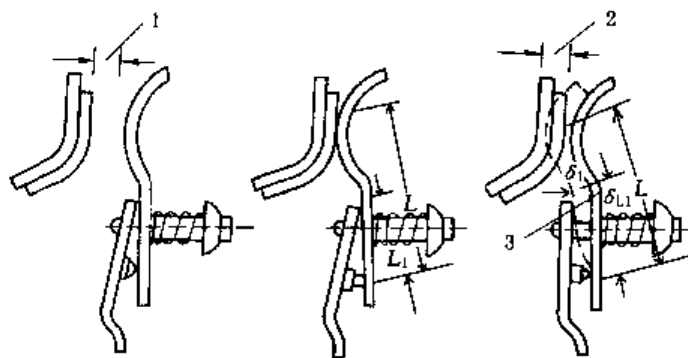


图 4-3 转动式指式触头的开距与超程

1-开距；2-超程 δ ；3-测量处

2. 测量主触头与联锁触头的初压力和终压力

触头的初压力是指动、静触头刚接触时作用于触头上的压力。触头的终压力是指触头完全闭合作用于触头上的压力。图 4-4、图 4-5 为测量桥式触头与指式触头终压力示意图。对于桥式触头，每一触点的终压力为指示灯刚熄灭时砝码重力的一半。对于指式触头，当指示灯刚熄灭时砝码重力即为终压力。测量时应注意把拉力方向调整到垂直于触头接触线，另外，还可以用图 4-6 所示的方法来测量指式触头终压力。关合磁系统，使触头完全闭合，在其间垫入厚度不大的纸，当能轻抽出纸条时，弹簧秤的读数即为触头终压力。触头初压力在触头分开时测量，可采用测终压力的方法来测量初压力。图 4-7 为测量指式触头初压力的示意图。在动触头及其支架间夹入纸条，当能轻轻抽出纸条时砝码的重力（或弹簧秤的读数）即为触头的初压力。也可测量触头分开与闭合时触头弹簧安装空间的高度，然后卸下弹簧，在弹簧测力计上测量弹簧在相应高度下的压力，即为触头的初压力与终压力。

测得初压力、终压力的值，应与符合产品目录的数据，若无原始数据时，可按下式计算：

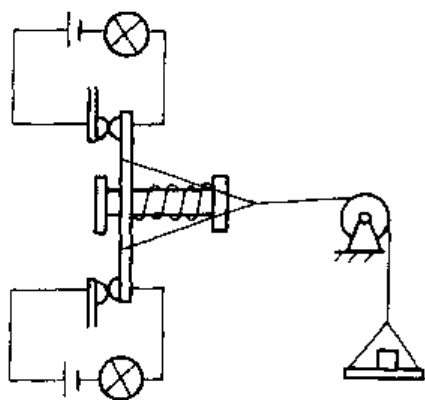


图 4-4 测量桥式触头终压力示意图

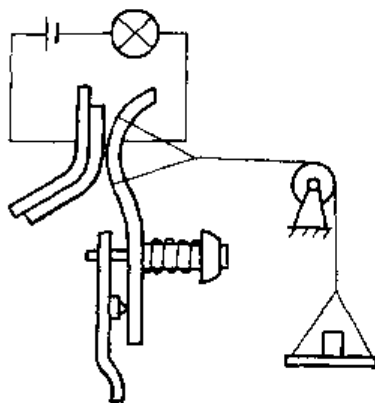


图 4-5 测量指式触头终压力示意图之

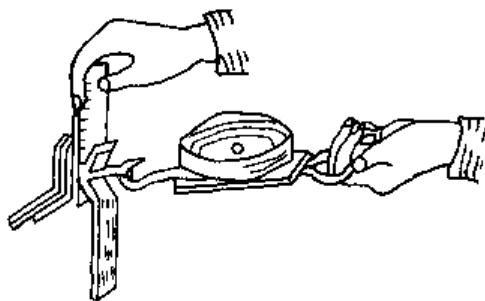


图 4-6 测量指式触头终压力示意图之二

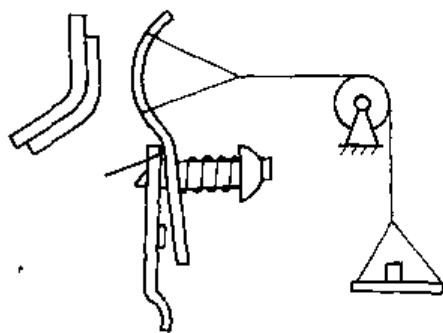


图 4-7 测量指式触头初压力示意图

$$F_Z = 9.8 \times 2.25 \frac{I_N}{100} \quad (\text{N})$$

$$F_C = 0.5 F_Z \quad (\text{N})$$

式中： I_N ——触头的额定电流，A；

F_Z ——触头的终压力，N；

F_C ——触头的初压力，N。

3. 测量各导电部件间的绝缘电阻

测量绝缘电阻的部位为：触头分开时各极的动、静触头间；触头在分开与闭合时各极带电部件间；线圈引线与铁心间；各带电部件与地间等。

测量绝缘电阻常用兆欧表来测量。在测量时应根据接触器的额定电压来选用兆欧表的电压等级。

4. 线圈试验

测量交流线圈的匝数，或测量衔铁闭合时线圈中的工作电流或损耗功率。测量直流线圈电阻。

以上的检验内容和方法也适用自动开关检修后或定期检验。

四、接触器常见故障分析及处理方法

接触器常见的各种故障现象，产生故障的可能原因及处理方法见表 4-2。

接触器常见的故障分析及处理方法

表 4-2

故障现象	故障原因	处理方法
(一) 按下启动按钮, 接触器吸不上或吸力不足, 伴有嗡嗡声	①电源电压过低或波动大 ②操作电源容量不足 ③线圈内部有短路 ④运动部分卡阻, 弹簧反力过大, 转轴锈蚀或歪斜 ⑤线圈的额定电压高于线路额定电压 ⑥触头开距太大 (即衔铁气隙太大)	①用万用表测量线圈两端电压, 是否低于产品规定 85% 额定电压 ②更换操作电源 ③更换线圈 ④卸下灭弧罩后, 按动衔铁, 看是否能灵活带动触头, 如不灵活, 排除相应故障, 拆下有关零件去锈加油, 紧固校正或更换变形或损坏零件 ⑤更换与线路额定电压一样的线圈 ⑥调整衔铁气隙
(二) 接触器吸不上	①电源断线 ②线圈断路 ③运动部分卡死	①用万用表测线圈两端是否有电压, 没有电压, 说明电源断线, 此时查找线路, 若有电压, 说明线圈断路 ②断电后, 用万用表测线圈电阻, 判断是否开路后, 决定是否更换线圈 ③同 (一)、④方法处理
(三) 按下停止按钮, 接触器不释放或释放缓慢	①衔铁的反力弹簧失效或缺损 ②触头熔焊 ③运动部件被卡住, 转轴锈蚀或歪斜 ④铁心极面有油泥粘着	①更换或调整反力弹簧, 但注意不要过大 ②打开触头, 用细锉修整毛刺或更换触头, 若经常发生熔焊, 则应调大一级电流的接触器 ③按 (一)、④方法处理 ④清除极面油泥
(四) 线圈过热或烧损	①电源电压过高 ($>1.1U_N$) 或过低 ($<0.85U_N$) ②线圈技术参数 (如额定电压、频率、通电率等) 与实际使用条件不符合 ③线圈内部局部短路 ④操作频率过高 ⑤使用环境特殊, 如空气潮湿, 含有腐蚀性气体或环境温度过高 ⑥运动部件卡住, 长时间通电	①调整电源电压 ②选择与实际工作条件相应的线圈或接触器 ③更换线圈 (用电阻比较法判定是否内部短路) ④选择大一级电流的接触器更换之 ⑤采用适应于特殊条件的接触器 ⑥按 (一)、④方法处理
(五) 电磁铁 (交流) 噪声大	①电源电压低 ②触头弹簧压力过大或超行程过大 ③衔铁歪斜或机械卡阻, 使铁心不能吸平吸牢 ④铁心极面有异物 (如油垢、尘泥) 或接触不良 ⑤短路环断裂或脱落	①调整电源电压, 至 $(0.85 \sim 1.10) U_N$ ②调整触头弹簧及超行程 ③排除机械卡阻故障, 校正衔铁位置 ④清理极面, 调整铁心使其接触良好 ⑤用铜焊接好或更换短路环
(六) 触头熔焊	①触头容量过小 ②负载短路 ③吸力不足 ④触头表面严重烧损造成接触不良或有毛刺、金属颗粒等 ⑤触头弹簧压力过小 ⑥操作过频繁或过载使用	①选择合适的接触器 ②排除负载短路故障后, 更换触头 ③检查电源电压是否低于 85% U_N , 排除机械阻力 ④修理触头表面或更新 ⑤更换或修复触头弹簧, 调整触头压力, 使之符合标准 ⑥调换合适的接触器
(七) 触头过热或灼伤	①触头弹簧压力不足或超行程过小 ②触头接触不良 ③触头严重磨损及开焊 ④操作过于频繁或电流过大, 触头容量不足 ⑤环境温度过高或使用在密闭的控制箱内	①调整弹簧压力及超行程到规定值 ②清理触头表面, 整修表面, 紧固触头与导电板 ③触头磨损到原厚度的 $1/3$ 或脱焊, 更换新触头 ④选大容量的接触器 ⑤接触器应降容使用

故障现象	故障原因	处理方法
(八) 触头过度磨损	①操作过于频繁, 工作电流过大 ②三相触头不同步 ③负载侧短路	①接触器应降容使用或选用适用于频繁操作的工作电流相应的接触器 ②调整触头使之同步 ③排除短路故障后, 更换触头

第三节 继电器维修

继电器是当激励输入量的变化达到整定值时, 在电气输出电路中, 使被控制量发生预定的阶跃变化的开关电器。在控制线路中, 继电器被用来改变控制线路的状态, 以实现既定的程序, 达到预定的控制目的。在保护线路中, 它被用来测被控量, 当被控量达到保护整定值时, 就给保护线路一个阶跃信号, 使保护线路动作, 从而保护了对象。因此, 继电器就有二大部分组成: 感测部分和执行部分, 前者反映继电器的输入量, 如电磁式继电器的线圈, 热继电器的双金属片, 压力继电器的气囊等。后者产生输出量, 如一般继电器的触头。

按继电器的使用来分, 可分为两种: 控制继电器和保护继电器。若按输入信号的性质来分, 可分为: 电压继电器、电流继电器、功率继电器、温度继电器、压力继电器、水位继电器等。如按感测元件来分, 可分为: 电磁式继电器、感应式继电器、热继电器、半导体式继电器等, 此外, 继电器还可按输出形式分为有触头的和无触头的两大类。

船上使用的继电器种类也很多, 有控制继电器, 如起货机控制系统, 锅炉控制系统。有保护继电器, 如柴油发电机组的保护, 主机的保护等。它们的输入有电量的, 也有非电量的。合理的选用维护、检修才能发挥继电器的功能, 否则, 就达不到预定的目的。

一、电磁式继电器维修

电磁式继电器的结构与接触器基本相似。继电器线圈通过的是电量, 如电压继电器、电流继电器、时间继电器、中间继电器等。它的维护内容有:

1. 经常保持继电器清洁, 接线螺钉应拧紧, 保证接触良好。
2. 检查继电器触头参数, 如触头压力、超行程、开距等应符合使用说明书的规定, 触头上不得涂润滑油。
3. 检查衔铁与铁心接触是否紧密, 接触处的尘埃和污垢必清除干净, 保证其动作值的准确性。
4. 检查时间继电器的延时是否准确有效。
5. 检修, 一般都采用整体部件更换, 如电压继电器的线圈损坏, 只能更换同型号的线圈, 自行绕制匝数不准, 就会影响它的动作值。特别是用于保护线路的保护继电器, 要求的加工精度都比较高, 船上一般无条件做到。然而, 像中间继电器, 它起着扩大触头容量和对数, 它的构造与接触器一样, 它的故障分析和处理可参见接触器的检修方法进行。

二、热继电器的维修

热继电器在船上用量很大, 一般小型电动机的过载保护都是由它来完成。我们先看一个例子: 某轮重油驳运泵电动机, 其铭牌数据 $P_N = 14.7\text{kW}$ (20 马力), $I_N = 29\text{A}$, $U_N = 440\text{V}$, $f_N = 60\text{Hz}$ 。某一航次在北方港口, 由于重油加热不足, 造成泵体内结蜡, 刚开始运

行一段时间就过载，热继电器动作。等复位后，再起动力能正常运行一段时间，这种过程频繁多次。机工就把热继电器的整定值调到2。这时，热继电器不动作，而保险丝熔断。又随意把熔断件换成60A。最终，热继电器不动作，熔断器也不熔断，而电动机内部则冒烟了。这个例子说明，对于热继电器的正确使用维护和管理，是必要的，否则就失去了它的保护功能。上例中，热继电器应整定在1.15~1.3之间，保险丝应为35A。而过载时的实际电流为40A。若按正确使用。热继电器能够保护该电动机的。因此，对于热继电器的维护的内容有：

1. 检查热继电器热元件的额定电流值或刻度盘值是否与电动机的额定电流值相符合，一般选择热继电器的额定电流与电动机的额定电流相同，其整定刻度盘应整定在1.15~1.3之间。

2. 要保持热继电器清洁，动作机构应灵活、可靠，复位按键应有效，内部调整部件不得有松动。一般热继电器在出厂前都进行校验，可调部分都有标记。一般不得轻易去调节，非得要调整，必须进行试验。

3. 热继电器的接线端子与引线应保持良好的接触，否则，接触电阻产生热量会造成其动作值误差。触头必须接触良好。

4. 定期检查元件是否良好，不得将发热元件卸下，不得用螺丝刀翘双金属片，对于已通过巨大短路电流的热继电器，若发现双金属片长久性变形，一般更换同型号的热继电器处理，不进行校正双金属片。

热继电器常见故障与检修方法见表4-3。

热继电器常见故障与检修方法

表 4-3

故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
热继电器误动作	①整定值偏小 ②电动机起动时间过长 ③操作过于频繁 ④环境温度变化太大 ⑤热继电器可调整部件松动 ⑥双金属片变形	①旋转电流调节旋钮，调整整定电流为电动机额定电流值 ②减少电动机起动时间 ③限制并减少操作频率 ④改善使用环境 ⑤紧固松动部分 ⑥更换热继电器
热继电器不动作	①整定值偏大 ②热元件烧毁 ③动作机构卡阻 ④灰尘堆积或生锈传动机构磨损变形 ⑤可调整部件损坏或未对准刻度	①按电动机额定电流重新重定 ②更换热继电器 ③打开热继电器盖板，排除故障，并手动试验，动作应灵活 ④清除灰尘和铁锈或更换热继电器 ⑤更换热继电器
热继电器接入后，主电路不通	①热元件烧毁 ②外接线螺钉未拧紧	①更换热继电器 ②拧紧外接线螺钉
热继电器控制电路不通	①热继电器没有复位 ②触头烧毁或动触片弹性消失，造成动、静触头接触不良或不能接触 ③刻度盘或调整螺钉转到不合适位置将触头顶开	①复位 ②更换动触片及烧毁触头 ③调整刻度盘或调整螺钉
热继电器不能复位	①再扣与脱扣时间间隔太短 ②复位片簧折断	①5mm左右进行手动复位再扣 ②更换热继电器

三、非电量继电器

在船舶上常用非电量继电器有：温度继电器、压力继电器，它即可做为控制电器，又可作为保护电器，如温度继电器用于冷却水温报警，就是一个保护电器，同样压力继电器也可

作为控制电器，如用于辅锅炉的自动控制蒸汽压力，就是一个控制电器，如用于监视主机滑油压力，就是保护电器。所以，温度、压力继电器在船舶中用量比较大，电气管理人员应合理选用、维护，才能使它可靠工作。经常维护的内容有：

1. 对于温度继电器，其感温元件应与被控的对象的热源体有良好的接触。特别是主辅柴油机冷却水温度监控用的温度继电器的探棒应与测量孔壁有良好接触，否则，会引起动作误差。

2. 对于压力继电器，取样导管应符合说明书要求，应密封、防止泄漏。

3. 应保持触头清洁，动作可靠。由于这些继电器安装的环境条件比较恶劣，装在高温、多油泥、振动比较大的地方，应经常检查引线是否牢固，接线是否接牢，导线是否老化、破损等。

4. 对于温度、压力继电器起着保护作用的，不能轻易调整动作值，非要调节时，在调节后应作动作值试验，以确保对象的安全。

5. 对于温度、压力继电器起控制电器作用的，应合理调节返回系数，若返回系数太大，使设备起、停过于频繁，缩短设备寿命，若返回系数太小，不能保证被控对象输出在一定范围内变化，所以，要细心、反复调节。

6. 对于用作为保护电器，应每年进行一次校验试验，确保它的工作可靠。

温度、压力继电器的损坏，一般在船上无条件修复，大都采用更换整个继电器。

四、晶体管式继电器

晶体管继电器具有精度高、体积小、延时时间范围广、耐冲击、耐振动、调节方便和寿命长等优点，所以发展很快。

晶体管继电器的组成：

1. 电压变换电路

它的功能是把被控制的物理量转换为电压量，如过流晶体管继电器，就得把电流转化电压信号，而且保持线性关系，即： $U = KI$ ，又如电动机过载保护的晶体管继电器，它的电压变换就是把功率转化为电压，即 $U = KP$ ，总之，它的作用就是把输入 X 转换为电压信号，并保持线性关系，即 $U = KX$ ；它的线路也是多种多样，对于 X 为非电量的，有时都比较精密，一般船上都比较难修理，而且没有它的测试手段，一般都得送到专门的厂家检修，船上的处理采用替代法。对于 X 为电量的，如电流、电压、功率、频率这些晶体管继电器，一般按电子设备的检修方法都能修好。

2. 整流电路

它是把电压变换电路输出的交流弱电压转换为直流的晶体管继电器中监幅电路所能接受的弱电压。为了提高转换精度，有的采用裂相整流技术。它的作用是：把交流电压整流，输出直流电压，并保持成比例关系。应当指出：电压变换电路输出的弱电压信号，就没有整流电路，往往这种直接输出直流电压信号很弱，这时取代它的是一种直流放大电路。

3. 监幅电路

它的功能是判断。当输入信号达到整定值时，监幅电路有输出，否则，它无输出。这种监幅电路多半是采用稳压管、斯密特电路等等。

4. 延时电路

它的功能是延时，它一般采用电容 C 的充、放电延时来达到目的。一般而言，从电路

参数看,除了滤波电容外,这时电容量比较大,所以,电路中有无延时电路很好判断。

现在已经有晶体管式时间继电器,我国的系列产品有JS13、JSJ20等。

5. 执行电路

它分为有触点(电磁式小型继电器)和无触点(可控硅(SCR)、开关晶体管)两大类。

一般一个晶体管继电器均由以上五大部分组成。它的具体线路也是多种多样的,所以无法举例说明具体故障的检修方法。但是,它的故障分析方法与电子设备的检修方法一样,可以参照第一章和第七章发电机综合保护装置故障检修的有关内容,这里不赘述。

晶体管式继电器,一般不用特别维护,只需保持印刷电路块和元件清洁,元件散热良好。

第四节 自动开关维修

一、自动开关的维护

自动开关又称自动空气断路器,船舶上使用的自动开关有两种:框架式即万能式(DW型)和装置式(DZ)自动开关。

万能式自动空气开关用于发电机主开关,作为发电机投入电网的控制部件。在非正常运行情况下,它又可用于保护发电机,如过载,电网短路,发电机欠压等,它能自动从电网上断开发电机。所以,它既是一种开关电器,又是一种保护电器,而装置式自动空气开关,一般用作支路、负载屏、照明屏或箱的开关器,据不同型号,也具有不同的保护功能,如过载保护,短路保护或两者都有,有的还带有漏电保护等功能。

自动开关在船舶电力系统中占有重要位置。若发电机主开关失效。对应的这套发电机组也失效,若支路自动开关失效,这一支路也就失电。所以,对自动开关进行维护和及时排除故障是必要。通常每半年进行一次全面维护与检修,主要内容有:

1. 清除断路器上的灰尘、油垢等,以保证自动开关良好绝缘。

2. 取下灭弧罩、检查灭弧栅片的完整性及清除表面的烟灰和金属细末,外罩应完整无损,若有破损应更换。

3. 检查触头表面,用电气清洁剂擦除表面的烟迹或尘埃,若有毛刺、颗粒用细锉或细砂布打平接触面。烧伤严重的或打平后只剩下原厚度三分之一的,可考虑更换触头。

4. 检查触头的各个参数,(开距、超行程、初压力、终压力)并检查三相触头是否同时闭合,若不能同时闭合,应调节三相触头位置和弹簧压力,使其同时闭合和接触压力一致。

5. 检查脱扣器的衔铁和拉簧活动是否正常,动作是否灵活,电磁铁工作极面应清洁、平整、光滑无锈蚀,无毛刺和污垢。

6. 每4~5年对主开关进行效能校验。欠压、过载、短路、逆功等保护试验,并获得船检有关部门的认可。对于带有试验按钮的半导体脱扣器的主开关,在使用前,应用试验按钮检查其动作情况。

7. 检查紧固机构,若有松动,应拧紧。检查活动部分,应灵活,不应有卡阻现象,并对活动部件添加滑油,不能加得过多或滴在触头或其他部件上。

二、自动开关的常见故障检修

自动空气开关常见故障的原因分析和处理方法见表4-4。

自动空气开关常见故障的原因和解决方法

表 4-4

故障现象	故障原因	处理方法
(一) 手动操作自动开关, 触头不能闭合	①失压脱扣器无电压或线圈烧坏 ②贮能弹簧变形, 导致闭合力减小 ③反作用弹簧力过大 ④机构不能复位再扣	①检查线路, 施加电压或更换线圈 ②更换贮能弹簧 ③重新调整 ④调整再扣接触面至规定值
(二) 电动操作自动开关, 触头不能闭合	①操作电源电压不符 ②电源容量不够 ③电磁铁拉杆行程不够 ④电动机操作定位开关失灵 ⑤控制器中整流管或电容器损坏	①更换电源 ②增大操作电源容量 ③重新调整或更换拉杆 ④重新调整 ⑤更换整流管或电容器
(三) 有一相触头不能闭合	①一般为自动开关的一相连杆断裂 ②限流开关脱开机构的可折连杆间的角度变大	①更换连杆 ②调整至原技术条件规定要求
(四) 分励脱扣器不能使自动开关分断	①线圈短路 ②电源电压太低 ③再扣接触面太大 ④螺丝松动	①更换线圈 ②更换电源电压或升高电压 ③重新调整 ④拧紧螺丝
(五) 失压脱扣器不能使自动开关分断	①反力弹簧变小 ②如为贮能释放 ③机构卡死	①调整弹簧 ②调整贮能弹簧 ③消除卡死原因
(六) 起动电动机时自动开关立即分断	过电流脱扣器瞬时动作整定电流太小	①调整过电流脱扣器瞬时整定弹簧
(七) 自动开关闭合后 (约 1h) 自动分断	①过电流脱扣器长延时整定值不对 ②热元件或半导体延时电路元件变质	①重新调整 ②更换热元件或半导体延时电路元件
(八) 失压脱扣器有噪声	①反力弹簧力太大 ②铁心工作面有油污 ③短路环断裂	①重新调整 ②清除油污 ③更换衔铁或铁心
(九) 自动开关温升过高	①触头压力过分降低 ②触头表面过分磨损或接触不良 ③两个导电件连接螺钉松动	①调整触头压力或更换弹簧 ②更换触头或清洁接触面 ③拧紧螺钉
(十) 辅助开关发生故障	①辅助开关动触头桥卡死或脱落 ②辅助开关传动杆断裂或滚轮脱落	①拨正或重新装好动触头桥 ②更换传动杆和滚轮或更换整个辅助开关
(十一) 半导体过电流脱扣器误动作, 使自动开关断开	在查明故障后, 确认半导体脱扣器本身无损坏时, 大多数情况可能是外界电磁干扰	仔细寻找故障原因, 如果邻近有大电磁铁在操作, 则接触器的分断, 电焊等应予以隔离或更换线路

例 1 某船在一厂修中, 进行检修 2 号主发电机的主开关, 由于机械装配质量问题, 三相触头中, 有一相没有闭合, 造成电网失相故障。

例 2 某船 3 号发电机主开关, 运行了一段时间就自动跳闸。进行解体检查没有发现异常现象。装复再用, 故障没有排除。与 1 号、2 号主开关比较, 发现失压线圈的噪声比较大。更换一个失压线圈, 故障排除。原因是失压线圈内部有局部短路。造成吸力减小, 同时, 短路的热量传递给铁心, 使铁心受热后, 导磁系统发生变化, 也造成了吸力下降, 所以, 它需要一段时间, 才使脱扣器动作。这种故障现象很像冲击负荷所造成, 应加以区分。

例 3 DW95 船用自动开关的检修。首先检查开关的机械部分, 脱扣器板外的大电容、线圈、接触器, 然后检查脱扣器板。开关的故障常常发生在脱扣器板上。检查方法: 眼观、手摸、测量。用万用表测量各测量孔的电压, 与表 4-5 对照, 不符说明有故障。

测试孔①对应其它测试孔电压数据见表

表 4-5

	①②	①③	①④	①⑤	①⑥
正常	24V	随负载而定	0.5V	0.25V	0.25V
动作	24V	随负载而定	19.8V	14.6V	13.8V

查看脱扣器板上的元件有无烧灼的痕迹,有无线头脱落,虚焊等现象。没有,通电试验用手摸半导体元件有无不正常的发烫现象,特别注意几个施密特触发器的第二个三极管,因为这几个元件在开关工作时一直处于饱和导通状态,根据经验属易损元件,往往造成元件发烫而损坏。没有摸到发烫严重的,就得测量所怀疑有故障的部分,一般按照从后向前的进行测量。下面列出主要元件在静态和开关动作状态下各管脚电位,如表 4-6 所示。供检修时参考。

在静态和开关动状态下各管脚电位

表 4-6

项目		长延时		短延时		瞬时		欠压	稳压源	触发电路	
		BG ₁	BG ₂	BG ₃	BG ₄	BG ₅	BG ₆	BG ₇	BG ₈	BT	SCR
U _b	正常	0.25	0.25	0.20	0.85	0	1.3	0.7	24V	b ₁ =24	U _控
	动作	0.67	0.1	0.70	0.25	0.5	1.3	0.2	24V	b ₁ =24	-
U _e	正常	0.1	0.07	0.1	0.1	0.5	0.5	0	24V	0.25	U _阻 =50
	动作	0.1	0.07	0.1	0.1	0.5	0.5	0	24V	13.8	-
U _c	正常	0.75	0.5	0.85	0.25	1.3	0.53	0	36V	b ₂ =0.5	U _阻 =0
	动作	0.1	19.8	0.25	14.6	1.3	0.5	10.5	36V	b ₂ =0.5	-

第五节 常用熔断器

熔断器是一种保安电器,广泛应用于电网和用电设备保护。当电网或用电设备发生过载和短路时,熔断器通过电流就熔化熔断件而自动切断电路,避免电网或用电设备的损坏,阻止短路故障蔓延。

一、船用熔断器

船舶常用熔断器的类型、规格和用途见表 4-7。

常用熔断器的类型、规格和用途

表 4-7

系列名称	主 要 规 格	用 途 及 说 明
RL ₉₃	电压: 380V 电流: 6~600A	用于电路作过载或短路保护元件,系螺旋式
RM ₁₀	电压: 500V 电流: 15~600A	用于电路中作过载或短路保护元件
RS ₀	电压: 250~900V 电流: 30~480A	作半导体整流器或由该类元件组成的成套装置的短路保护和某些适当的过载保护
RS ₁	电压: 250、500、750V 电流: 10~300A	用于可控硅整流器或由该元件组成的成套装置的内部短路保护与某些不允许过电流的过载保护
RLS	电压: 500V 电流: 10、50A	用于硅整流元件、可控硅整流元件或由该类元件组成的成套装置的内部短路保护与某些不允许过电流的过载保护
BX	电压: 250V 电流: 1~5A	用于保护电气和无线电装置,作过载保护和短路保护

二、熔断器选用的计算

为了熔断器能够真正起着反故障的作用，必须进行正确的选择，否则，达不到保护的目
的。

1. 在只有照明、电热设备的电路中，熔体的额定电流 $I_{FU.N}$ 等于或稍大于总负载的额定
电流，即：

$$I_{FU.N} \geq \Sigma I$$

2. 在单台异步电动机直接起动的电路中，因考虑电动机起动电流，熔体（或熔片）额
定电流 $I_{FU.N}$ 可取电动机额定电流 $I_{M.N}$ 的 1.5~2 倍，即：

$$I_{FU.N} = (1.5 \sim 2) I_{M.N}$$

3. 在轻载、不频繁起动的电动机电路中，熔体的额定电流 $I_{FU.N}$ 可取电动机的额定电流
 $I_{M.N}$ 的 2.5~4 倍，即：

$$I_{FU.N} = (2.5 \sim 4) I_{M.N}$$

4. 在重载、频繁起动的电动机电路中，熔体的额定电流 $I_{FU.N}$ 可取电动机额定电流 $I_{M.N}$
的 3~6 倍，即：

$$I_{FU.N} = (3 \sim 6) I_{M.N}$$

5. 在多台异步电动机直接起动的电路中，熔体的额定电路 $I_{FU.N}$ 可按下式计算，即：

$$I_{FU.N} = (1.5 \sim 2.5) I_{M.Nmax} + \Sigma I_{M.N} + \text{余量}$$

可见，熔断器只能作为电动机短路保护，不宜作电动机过载保护。

三、熔断器更换须知

在更换熔断器时，必须注意的是：

1. 一般应在不带电的情况下取出熔断器管进行更换，有些熔断器是允许在带电情况下
取下的，但应将负载切断，以免发生危险。

2. 在熔体熔断后，特别是在分断极限电流后，往往有熔体渣熔化在上面，所以在换装
新熔体前，必须仔细擦净管内表面和接触面上的熔渣、烟灰和尘埃等。

熔断器是在一般的过载电流下熔断还是在分断极限电流时熔断，通常不易区分，而只能
凭经验判断，凡熔断器熔断时，响声不大，熔体只在一两处熔断，管子的内壁没有烧焦现
象，也没有大量的熔体蒸气附着在管壁，这是在一般的过载电流下熔断的。凡熔断器熔断时
响声特别大，有时看见两端有火光，管内熔体断成许多小段，管子的内壁有大量的熔体蒸气
附着，有时管壁有烧焦现象，这样就可能是在分断极限电流时熔断的，说明线路有短路故
障，应排除故障后，再更换熔断件。

3. 在换装熔断体时，必须注意熔体的电流值和熔件的片数，并要使熔件和原熔件相同，
不应随意更换凑合使用。快速熔断件不能用普通的熔断器的熔体代替。

4. 在换装熔体时，应注意不要将熔件折伤和扭伤，因为熔体比较软而易断，容易发生
裂痕或减小截面积，降低电流值。

5. 对于封闭管式熔断器，管子不能用其他绝缘管代替，否则易于炸裂管子，发生人身
伤害事故。也不可以在熔断管上钻孔，因为钻孔会造成灭弧困难，可能会喷出高温金属和
气体，这对人体和周围设备是十分危险的。

第六节 PC 控制器维修

一、概 述

可编程控制器（简称 PC—Programmable Controller）自本世纪 60 年代第一台使用以来，由于它具有编程、修改、调试程序简便、维护和修理方便，工作可靠性极高，体积小，价格适中，在自动化设计方案时，它被工程师列为首先方案。成为工业生产自动化三大支柱（机器人技术，CAD/CAM 技术和 PC 技术）之一。在船上应用也很广泛，如：PC 控制的起货机、自动分油机、锅炉、自动化电站等。为此，下面简单介绍 PC 控制器的组成和工作原理。

二、可编程控制器的组成及其工作原理

（一）可编程控制器的组成

可编程控制器，实际上是一台专用的工业计算机。它的基本结构框图，如图 4-8 所示。

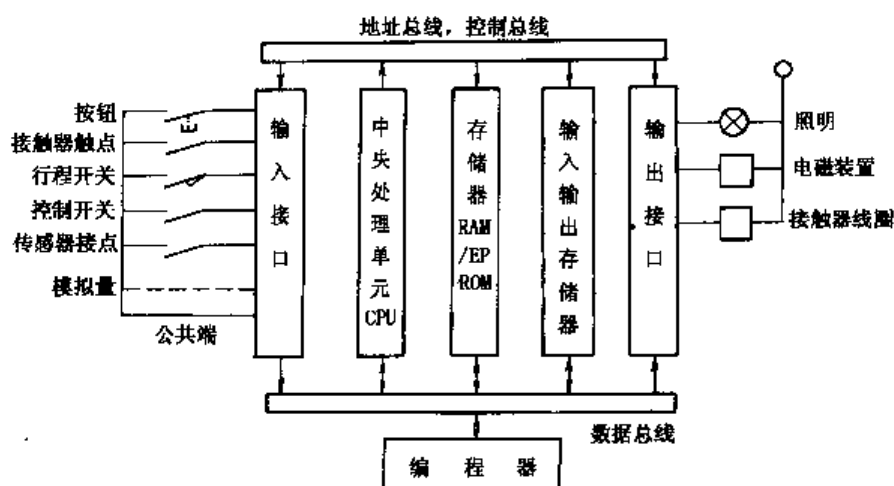


图 4-8 PC 基本结构示意图

由图可见，它是由 CPU、RAM、ROM 和输入、输出接口组成。其内部采用总线方式结构进行数据、指令的传输。下面对框图中的各部分的主要功能作简单介绍：

1. 输入、输出接口

这是 PC 与被控制设备相连起来的接口，起着传递 PC 与被控制设备之间的信息作用。输入接口接收现场设备的控制信息，如：按钮、行程开关、接触器触点、传感器信息，并把这些信息转换成中央处理机（CPU）所能接收和处理的数字信号。输出接口，它正好与输入接口相反，它是接受 CPU 处理过的输出数字信号，并把它转换为被控制设备或显示设备所能接收电压或电流信号，以驱动电磁阀、接触器等。常用的直流输入接口电路如图 4-9 所示。交流输出接口电路如图 4-10 所示。

2. 中央处理机（CPU—Central Processing Unit）

它是中央控制器的核心部件，起着总监控作用。把输入信号读取入存储器中，按程序计数器的地址取出用户按控制要求所编写的程序，并对其进行编译，然后控制各执行部件，完成用户指令所规定的各种操作。把操作的结果送到输出接口。

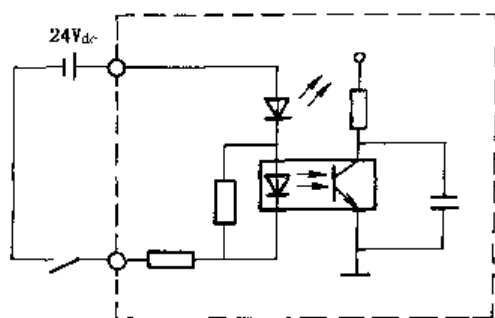


图 4-9 直流输入接口内部电路

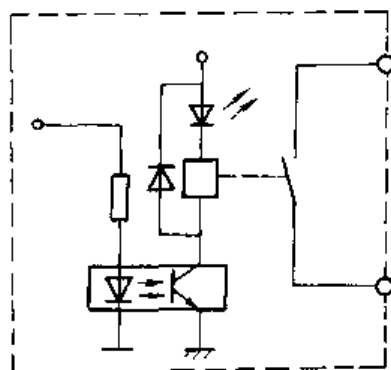


图 4-10 交流继电器输出接口内部电路

3. 存储器

PC 中的内部存储器有两类：一类是随机存储器（RAM—Random Access Memory），可以由 CPU 随时对它进行读、写操作；它存储各种暂存数据。中间结果以及用户调试中的程序，另一类是只读存储器（ROM—Read-Only Memory），它主要用存储监控程序及用户调好的程序。

4. 编程器

编程器是 PC 的最重要的外围设备，它的主要用途是输入、编辑用户程序，调试、修改、检查用户程序，并监视程序的执行。

5. 电源部分

PC 内部具有把交流电源或直流电源转换成内部电路所需的直流工作电源。可分为三类：一类供给集成电路的基本电源（+5V 和 +15V 直流电源）；二类供给输出接口电路，提供较高电压和大电流的功率电源。三类是锂电池，保证存储器在停电时不丢失信息。因此，不同类电源具有不同接发线和不同容量，在扩展、使用和维修时必须注意到这一点。

除了上面介绍的几个主要部件外，PC 还按实际需要装配其他外围设备，如：智能接口 I/D、模拟接口 A/D 和 D/A，通信接口 I/O，以及打印设备等。

（二）可编程序控制器的工作原理

虽然 PC 是一台专门的工业计算机，但它的工作方式与微型计算机有很大的不同。微机是扫描输入设备；一旦有一个输入设备有输入时，微机就转入相应的服务子程序，只有这个程序执行完了，再继续扫描查询，而 PC 是先把所有的输入设备的状态扫描并映射在输入寄存器中，然后 CPU 按用户程序进行处理，处理的结果送到输出寄存器，最后，按输出寄存器结果刷新输出接口状态。其工作过程如图 4-11 所示。

把执行上述的一个循环过程称为一个循环扫描周期。它就是这样周而复始进行工作。可编程控制器的可等效电路如图 4-12 所示。

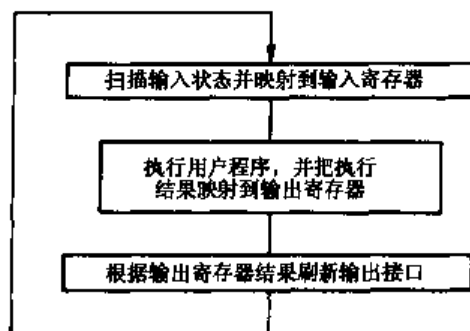


图 4-11 PC 的工作过程

图中的 X_{01} 、 X_{03} 、 X_{05} 实际上是分别用寄存器来表示，当 SB_1 闭合时，寄存器 X_{01} 状态为“1”，否则就为“0”； Y_{31} 是输出寄存器，而 Y_{31} 的触头就是对应的输出接口电路。中间是程序的梯形图，是用户按控制要求来画出的。由于篇幅限制，具体如何画出梯形图，进行

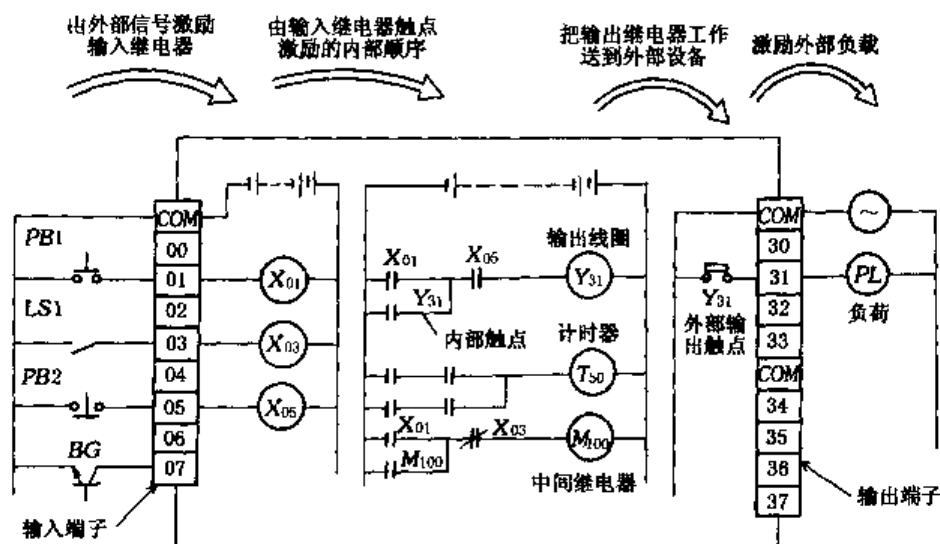


图 4-12 可编程控制器的等效电路

编程请参阅有关书籍。

三、PC 控制器的维护和检修

(一) PC 控制器的维护

在 PC 运行过程中，由于外围设备故障连接线以及本身元器件的故障，均会导致 PC 控制系统不能正常工作，甚至失效或误动作，造成设备损坏及人身安全。因此，对 PC 控制系统作必要的定期维护是很重要。

对 PC 控制系统的维护和保养的主要工作内容如下：

1. 连接线检查

检查连接线是否有损坏，老化等现象，焊点是否有脱焊、虚焊、氧化等现象，如有应及时更换。由于船上条件恶劣，易于使接线头和端子生锈，造成接触不良，应及时清洁。

2. 安装检查

由于船舶振动、摇摆，很容易使配线压紧螺钉的松动，电缆接头与座之间的松动，甚至机内的固定螺钉松动等现象，导致产生故障的隐患。为此必须及时检查、紧固。

3. 清洁

由于船上尘埃、油雾、盐雾严重，容易造成 PC 机内的印刷电路板绝缘性能变差，甚至元件间形成短路。所以，可打开外盖，用电风吹去灰尘，用电气清洁剂喷洗，洗去油污和盐结晶，注意必须在切断外电源下进行。

4. 定期更换机内锂电池

为了保证在短期内停电时，RAM 和 ROM 不丢失信息，机内都装有一锂电池。必须按电池生产厂家提供的数据，按期更换新电池。更换方法：

(1) 先将 PC 的交流电源接通 10s（便作为存储器备用电源的电容充电，在锂电池断开后，该电容对 RAM 作短暂供电；若 PC 在通电状态下，可直接进行第二步）。

(2) 断开 PC 的交流电源。

(3) 打开可编程控制器的塑料盖板。

(4) 从电池夹中取出电池，换上新电池，注意其极性，操作时间越短越好。

(5) 盖回塑胶盖板。

5. 输入外围设备的检查

由于 PC 的输入信号都是输入外围设备的开关、触点、传感器送来的信号, 这些设备的开关、触点应定期检查, 检查其开关触点是否接触良好, 传感器送来的模拟信号是否偏差太大或减弱等现象。只有保证这些信号正常, 方能保证 PC 控制系统工作正常的前提。

6. 输出外围设备的检查

由于 PC 的输出控制设备大都是继电器、电磁阀等。应定时检查这些电器设备。保证它们处于良好的工作状态, 若有缺陷或故障隐患应及时排除。

7. 备品备件应妥善管理

PC 控制系统中的重要器件或模板应有一定备件, 这对于海上航行的船舶来讲尤为重要, 对于备品备件应妥善保管。应注意防潮、防霉。在这里应指出的是: 应选用同一型号的 PC 控制器, 便于维修和储备备件, 而且互换性能好, 提高船舶设备工作有效性。

(二) PC 可编程控制器系统的检修

船舶环境条件比较恶劣, 大幅度摇摆、震动, PC 控制系统都有可能出现故障。由于 PC 控制器的工作原理及控制方式与继电控制、微机控制方式不一样, 所以, 分析其故障原因的方法有所不同。一旦 PC 控制系统出故障, 首先, 必须区分出是 PC 的外围设备故障还是 PC 本身故障 (这一点与微机控制系统的故障分析是一样)。一般而言, PC 控制器本身都具有自诊断功能。把诊断的结果在面板上的指示灯或在编程器上显示出“错误”信息。根据这些信息进行检查。因此, PC 控制系统故障检查总流程图, 如图 4-13 所示。

1. 电源故障

一般 PC 的电源通常都是用开关式逆变电源, 具有重量轻, 体积小和效率高等优点。但, 容易出故障, 而单元检修比较困难, 在船上只能整个电源部件更换。为此, 电源故障的检查, 按图 4-14 来进行。

2. 系统运行异常故障

在确定 PC 的电源系统是正常的情况下, 系统运行异常而中止了工作, RUN 指示灯灭。这种故障检查起来比较麻烦, 也比较困难。取决于检修人员对该运行系统的程序, 工艺过程是否清楚, 维修经验的多寡。图 4-15。给出检查此故障的流程图。

需要指出的是: 在检查中, 必须把电源切断, 以免造成事故, 更换、插接 RAM/ROM 时, 也应切断电源。

3. 中央处理器 CPU 出错故障

当 PC 一接通电源, 可编程控制器 PC 就进行自诊过程。若 CPU 内部出错时, 面板上的“CPUError”灯就显示。灯的显示状态有两种: 一种是闪亮, 另一种是常亮, 分别代表不同故障性质。

若当电源接通或 PC 在正常运行、突然发生瞬时中断、接着又投入运行, 此时“CPU 出错灯”闪亮, 说明 PC 的用户程序的内部受到外原因发生改变。此时, 检查流程图, 如图 4-16 所示。

若“CPU 出错”灯常亮, 说明 PC 内的 CPU 误动作。可能由于外来浪涌电压, 有噪声干扰瞬时加到 PC 内的 CPU 单元或存储器引起的。一般消除外来浪涌电压, 采取必要的抗干扰措施, 并检查接线和接地。最后重新接通电源, 故障就可消失。若没有消失, 一般是 CPU 板出故障, 更换新的 CPU 板。

4. 输入、输出口电路故障检查

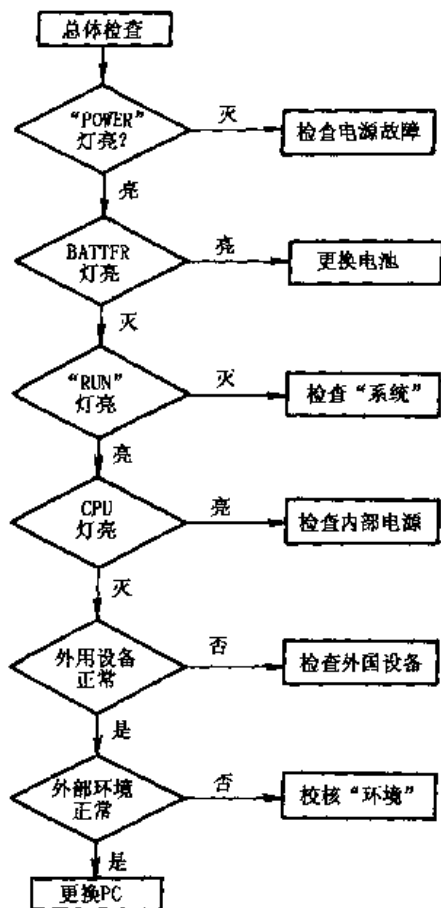


图 4-13 PC 控制系统故障检查总流程图

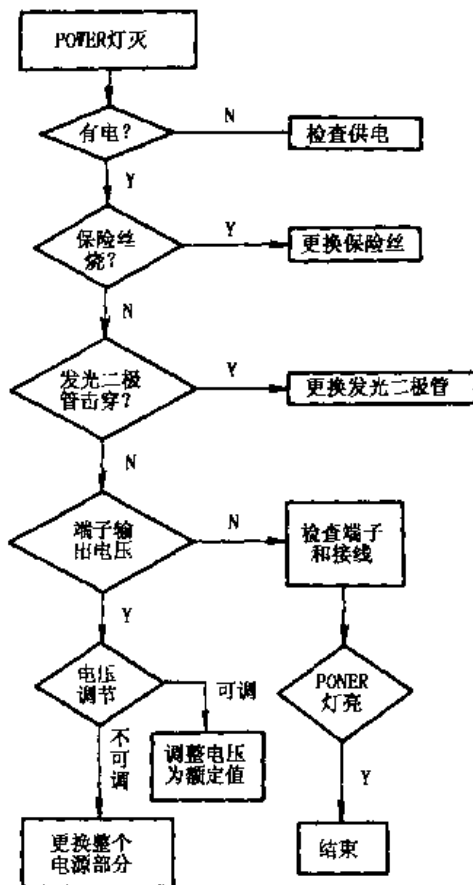


图 4-14 PC 电源故障检查流程图

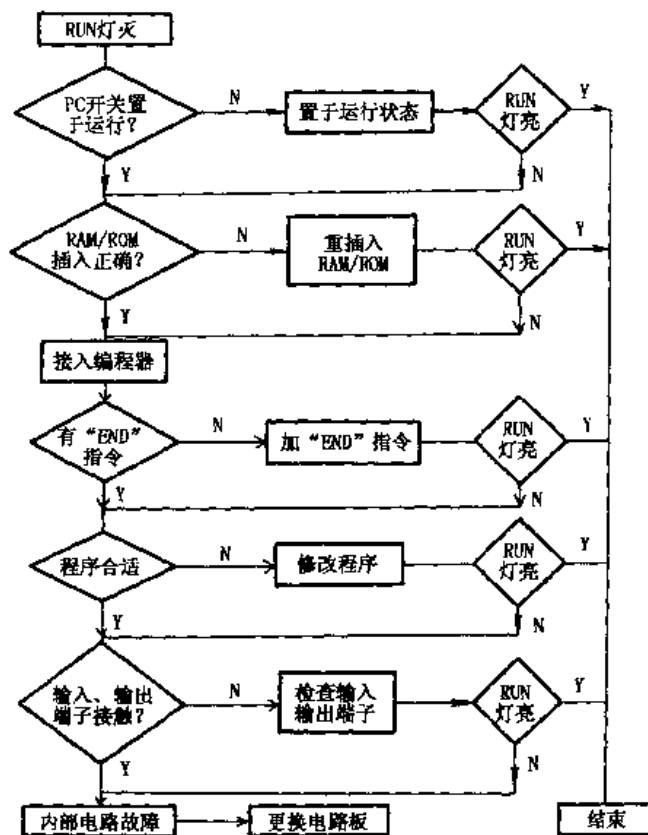


图 4-15 系统运行故障检查流程图

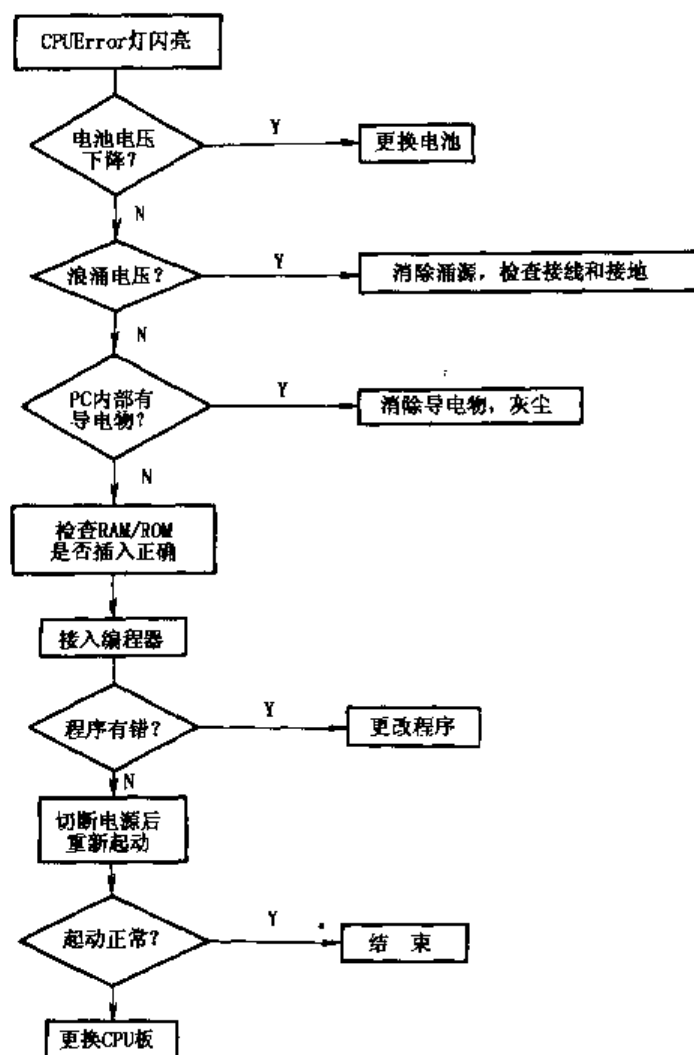


图 4-16 “CPU 出错灯”闪亮故障查流程图

可编程控制器的输入、输出电路是其中央处理器 CPU 与外部控制对象沟通信息的通道，由于它们是通过接线端子和连接线与控制对象来联系，所以，输入、输出电路发生故障，首先，应从连接导线、端子的接触等方面入手。此外，由于输入、输出电路是与外部设备直接连接。也容易由于外部设备故障波及到它们，使它们损坏，因此，通常 PC 控制系统发生故障时，除了首先检查是否电源故障外，还应着重检查输入、输出电路及连接回路是否有故障。尤其是船上振动、颠簸厉害，常常造成端子接触不良，回路断线等故障。由于输入、输出电路故障现象是多种多样，只能根据故障现象来分析。下面以图 4-17 所示的输入、输出的逻辑关系来说明一般检查输入、输出电路故障的过程。以 Y_{300} 无输出为例，首先，检查输出上指示灯 Y_{300} 的发光二极管是否亮，若亮，说明 PC 内的输出电路正常，因此故障原因在于①输出的驱动电路；②执行电路继电器（继电器输出的 PC）或三极管或可控硅（半导体器件输出的 PC）；③输出配线与接线端子接触或负载异常；④输出接线或保险管。为了进一步确定具体部位，就必须测量 Y_{300} 端子的电压，若电压正常，说明 PC 内部输出电路的驱动或执行电路故障；若测得 Y_{300} 电压不正常，就得检查接线是否正确，若此时正确，这时应将负载撤去，再测电压，此时，电

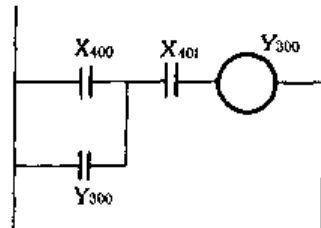


图 4-17 输入、输出逻辑关系图

压恢复正常,说明所带的负载(继电器、电磁阀)故障引起端子电压不正常;若撤去负载后,端子电压仍然不正常,则首先检查输出端子和输出保险管是否正常,若端子和保险管正常,就得检查PC内部输出口电路。

若 Y_{300} 的发光二极管不亮,就有两种可能,一是 Y_{300} 的输出口电路故障,二是输入信号有变化。首先用编程器编程,按上最简梯形图编入,模拟一个输入,试验 Y_{300} 是否可控,若不可控,说明是内部电路故障,就不必检查输入信号。若可控制说明输出通道电路正常,此时,应是把试验的编程删去,然后,检查输入信号。首先检查 X_{400} 和 X_{401} 的输入指示发光二极管是否亮。若亮就得测量 X_{400} 、 X_{401} 端子电压,若测得电压正常,说明接线没有错误,是输出电路出故障。若测得电压不正常,就得撤去配线,再测电压仍不正常,说明故障在于输入口电路,否则,说明配线有误, X_{400} 和 X_{401} 有故障。若不亮,说明输入信号不正常,应先测 X_{400} 和 X_{401} 两端子的电压,若电压正常,说明输入口处理电路故障,也可能接线端子没有接触好,若是后者,可直观检查排除故障,若是前者就得更更换输入口电路。若电压不正常,这时先检查配线是否有误、断线的故障,若没有,就撤去配线,若这时测得电压正常,说明输入的负载有故障,若仍不正常说明输入口处理电路故障,需更换输入口电路。

总之,输入、输出故障,总是由输出口回路先检查,然后检查输入口回路,由外部的接线,负载先检查,然后,检查PC内部电路,如此反复检查,必可找到故障原因的线索。我们把上述检查过程用流程图来表示,如图4-18所示。对于其他系列的PC的输入、输出故障也可按这个流程图相似的方法来检查。

5. 常见故障的修理

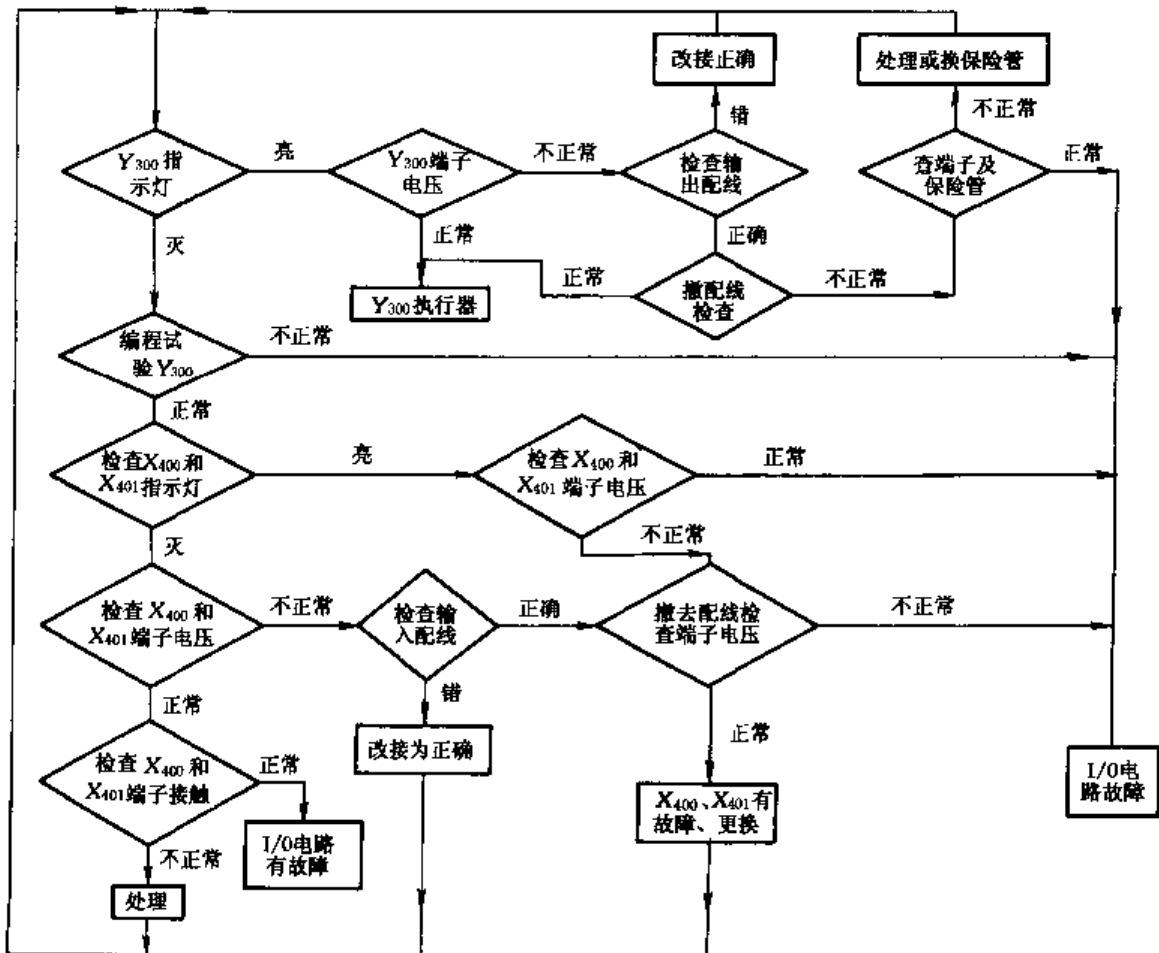


图 4-18 输入、输出电路故障检查流程图

由于 PC 控制系统故障五花八门，只有根据具体故障现象，按上述四项流程来检查，一般总能查出一般的故障原因或所在之处。下面列出 PC 控制系统常见的故障及处理方法，如表 4-8 所示：

PC 控制系统常见的故障及处理方法

表 4-8

故障现象	故障原因	处 理
“POWER”灯灭	①保险管熔断 ②输入端子接触不良 ③输入电源线断	更换保险管 重接 更换接线
保险管多次熔断	①负载短路或过载 ②输入电压设定错 ③保险管容量太小	用万用表测 改接正确 改换大的
“RUN”灯灭	①程序中无“END”指示 ②电源故障 ③I/O 口址重复	修改程序 检查电源 修改口址
输入均不接通	①未向输入信号供电 ②输入信号源电压太低 ③端子触钉松动 ④端子板接触不良	接通有关电源 调整电源电压使其符合要求 重接 处理后重接
PC 输入全异常	输入口电路故障	更换输入口电路
某一输入继电器不接通	①输入信号源（器件）故障 ②输入配线断 ③输入端子松动或输入端子接触不良 ④输入接通时间太短 ⑤输入回路（电路）故障	更换输入器件 焊接 重接 调正有关参数 查电路或更换
某一输入继电器常闭	输入回路（电路）故障	电路或更换
输入随机动作	①输入信号电平过低 ②输入接触不良 ③输入噪声过大	查电源及输入器件 检查端子接线 加屏蔽或滤波措施
动作异常的继电器都以 8 个为一组	①“COM”触钉松动 ②CPU 有总线故障	拧紧 更换 CPU 单元
动作正确，但指示灯灭	LED 损坏	更换 LED
输出均不能接通	①未加负载电源 ②负载电源坏或电压太低 ③接触不良（端排） ④电源保险管熔断 ⑤输出回路（电路）故障	接通电源 调整或修理 重接 更换保险管 更换输出电路
输出均不关断	输出口回路故障	更换输出口电路
某一输出继电器不接通（指示灯灭）	①输出接通时间太短 ②输出回路故障	修改输出程序 更换输出口电路
某一输出继电器不接通（指示灯亮）	①输出继电器损坏 ②输出配线断 ③输出端子接触不良 ④输出驱动电路故障	更换继电器 焊线或更新 重接 更换输出电路
某一输出继电器不关断而指示灯灭	①输出继电器损坏 ②输出驱动管漏电流过大	更换继电器 更换输出管

续上表

故 障 现 象	故 障 原 因	处 理
某一输出继电器不关断但指示灯亮	①输出驱动电路故障 ②输出指令中口址重复	更换输出口电路 修改程序
输出随机动作	①PC供电电压太低 ②接触不良 ③输入噪声太大	调整电源输出 检查端子接线 加屏蔽或滤波措施
动作异常的继电器以 8 个为一组	①“COM”触钉松动 ②保险管熔断 ③CPU 中 I/O 总线故障 ④端子连接排接触不良	重拧紧 更换保险管 更换 CPU 模板 重接
输出继电器动作正常，但指示灯灭	LED 损坏	更换 LED

第五章 船用电机维修

本章主要内容：介绍对船用电机的基本要求及维护的要求，常见故障检修以及船用变压器的维护。

第一节 对船用电机的基本要求

电机在船舶上运行的环境和条件与在陆上相比有很大差别。船舶航行时，每天处于风浪包围之中，海水经常浸没甲板。海洋上，空气的相对湿度很高。由于船舶航行，电机可能在短时间内从温带或寒带地区被送到热带地区，环境温度变化剧烈。工作在机舱中的电机经常处于较高的环境温度之中。此外，海上的盐雾，亚热带潮湿地区的霉菌等都危害电机的电气绝缘。由于船上位置狭小，电机工作条件恶劣。有些电机经常受到碰撞，维护管理也很不方便。船舶航行时，振动、颠簸、摇摆等干扰直接影响到电机的运行。由于船舶大部分时间在海上航行，电机损坏时，从维修设备和条件来看，难于修理。这样对船舶电机的绝缘结构，机械结构以及电气性能等都提出了比陆地条件要求更高。

1. 在绝缘方面

我国标准规定船舶电机环境温度 45°C ，要求电机能在空气相对湿度为 95% 情况下正常工作。电机绕组及其他要求绝缘的部件，在绝缘上必须经三防处理，即防潮、防霉、防盐、油雾处理，同时还必须是耐油的。在一些特殊情况下，还要求绝缘能防止某些热带昆虫的咬食。绝缘的油漆涂层也应具有三防和耐油的性能。电机绕组的冷态绝缘电阻应不低于 $5\text{M}\Omega$ ，热态绝缘电阻应不低于 $2\text{M}\Omega$ 。

2. 在机械方面

由于船舶上工作条件恶劣，位置狭小，所以要求结构上应具有耐冲击、耐振动、耐颠簸等特点。从结构上还必须保证电机运行时，在长期 15° 横倾和 7.5° 纵倾、长期 22.5° 横摇的情况下正常工作，这就对电机结构尤其是轴承提出更高的要求。在这种条件下，直流电动机的换向必须达到规定的火花等级。刷握等处的联接部件须保证不会松动，电刷不会在刷握中卡住。另外，还要求船用电机应有尽可能小的体积、结构要紧凑、重量要轻，要有较好的防锈和防海水的涂层。电机除应有较合适的安装尺寸外，还必须便于拆卸和安装。

3. 在电气方面

根据被拖动的船舶机械特性和工作特点要求，电动机要有相应的电气性能和各种工作特性，例如，锚机电动机要能够满足在 30min 内起动 25 次的要求，并能允许堵转 1min；对拖动甲板机械有一定的过载能力等。各类船用发电机按照船舶电网的特点也有其特殊要求。在结构上多用凸极式，参数上要考虑电网的短路电流和各种运行状态下过渡过程的要求等。

第二节 船用电机的维护

一、船用电动机解体维护

(一) 电动机的解体的步骤

1. 拆卸电动机之前, 必须了解被拆电动机的运行性能和结构情况。对于重要的结构复杂的电动机, 如起货机、锚机等拖动电动机应掌握其结构的技术资料。拆前, 根据资料预先拟定拆卸方案。

2. 使电动机与电路脱离, 这时拆电路, 应做好各线端头的记号并作记录, 每根电路端头需做包扎, 做好记号, 做好绝缘保护。

3. 使电动机与拖动机械脱离, 一般在其结合面(或线)上做好记号。

4. 拆下联轴器。在船舶上, 由于空间的限制, 一般都是刚性或柔性联轴器, 很少采用皮带传动。把整个电动机卸下来之后。首先把联轴器上的止动螺钉卸下, 然后用拉把拉下电动机轴上的联轴器。最后, 把电动机搬到比较宽敞、明亮, 干燥、干净的地方进行解体。

5. 做好解体前的记号。为了避免拆装后影响定子内孔与转子外圆的同轴度, 拆装前, 端盖与机座止口配合处应作好标记, 以保证拆装前后端盖的位置不变。为此在端盖与机壳合缝处, 用扁铲打上位置标记。前后端盖的标记应有所不同, 以防止两个端对调安装。对于不熟悉电机结构, 要按拆卸的先后顺序做好记号, 必要时应作适当的记录, 防止组装时发生漏装或错装。

直流电动机的刷杆座与端盖上的座圈合缝处也应做标记。拆下刷杆座之前, 用油漆画上标记。油漆干后再拆卸, 这样可以保证安装时电刷位置正确以及可以迅速精确地调整电刷位置。

取直流电动机刷架时, 应做好电刷与换向极间的连线标记。安装时不得接错, 否则会使换向极性错误, 产生很大的换向火花。

6. 拆卸端盖。先取下轴承外盖, 再卸端盖。拆卸时, 应防止损坏机座止口配合和端盖轴承孔的配合面。

取下端盖的固定螺钉后, 先观察各螺孔的附近有无取端盖的顶丝孔。若有顶丝孔, 把拆下的螺钉拧在顶丝中, 依次对称旋紧螺钉, 即可取下端盖。若无顶丝孔, 可用铜棒或硬木棒垫着敲打端盖外缘卸下端盖。敲打时应沿着端盖外缘对称位置均匀敲打, 以保护止口。如图 5-1 所示。

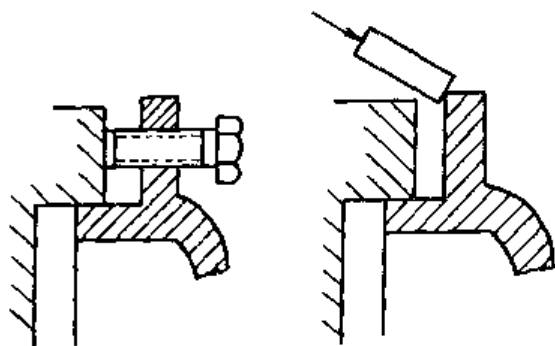


图 5-1 取下端盖的方法

7. 取出转子。取下电动机一端的端盖后, 从另一端即可把转子与另一端一起抽出。这时要防止碰伤绕组端部, 换向器或滑环。若电动机内部转子一端有风扇时, 抽取转子要在有风扇的一端

向外抽出, 以免由于风扇外径大于定子内孔而抽不出转子。船上的变极变速异步电动机, 如起货机、锚机等电动机。由于转轴上有两个外径不同的转子铁心, 所以应从外径大的一端抽取。转子过重, 可在轴上套上一根钢管用人工或葫芦扛去, 严禁碰伤绕组和铁心。取出的转

子应放在转子支架上。没有支架，应放在木板上或木垫上，防止滚动，若船舶摇晃，应绑扎牢。

8. 轴承拆卸。电动机轴承一般是热套在轴上轴承内圈与轴之间配合较紧。拆卸时，可用扒钩冷拉下来。为了防止损坏轴承，如果磨损不严重，只需清洗、更换润滑脂，一般可以不必拆下。

9. 定子拆卸。直流电动机励磁线圈损坏时，须拆下磁极进行修理。拆卸前记下主极之间的距离，拆卸时数清每极下的垫片，若垫片厚度不同，还须作标记。同时还应注意有无非磁性垫片以及分属哪个极，以免装错。

（二）解体保养内容

1. 轴承的保养

1) 滚动轴承的清洗

对于发热严重的轴承，轴承油过脏或检修电机时拆下的轴承，经初步检查后，认为可以继续使用时，应进行清洗。

轴承拆下后，可先刮去脏润滑脂，再放入煤油中浸泡 5~10min，然后用毛刷清洗干净。由于煤油中含有水分又不易挥发，所以应再放入汽油中清洗一下。

有的轴承上润滑脂硬化，不易清洗，可把轴承浸没于 100~120℃ 的热机油中，然后洗去油污。

不能拆下的轴承，可淋上煤油或用油枪喷射的方法进行清洗。

热油清洗时，油温不得超过 120℃，并注意防火。不要用明火加热机油。清洗时不能用锋利的刮刀等工具剔刮轴承内的油污。以免损伤轴承表面。洗净的轴承，如果不立即使用，必须用油纸包好，放到干净的地方。

2) 滚动轴承的检查

检查轴承的径向间隙。用拇指和食指拨动外圈使之旋转，仔细听转动声音，若噪声大，或转动时外圈扭动或振动，则表明间隙过大。当晃动整个轴承时，弹子与外圈碰击发声，也说明间隙过大，间隙大小可用厚薄规或千分表进行检查。轴承允许磨损值与新轴承比较。轴承内径在 20~59mm 时，可为原间隙的十倍左右。一般新轴承的间隙为 0.01~0.02mm，磨损最大允许值可达 0.15~0.25mm，内径大的轴承允许磨损大一些，对传动系统精度要求低的轴承磨损允许值也可以大一些。

对清洗后的轴承要仔细检查其表面情况。内外圈滑道应光滑完整，没有被腐蚀的麻点，也无锈痕；弹子表面应光滑明亮，无裂纹、斑痕、麻点及锈蚀现象；缺少弹子的轴承严禁使用，弹子挡圈必须完好无损，不得有变形、断裂和锈蚀现象。

3) 滚动轴承的安装

轴承清洗检查后，如果确认良好，即可进行安装。安装前要检查轴颈，轴颈必须光洁，没有锈蚀、裂纹、毛刺、麻点等损伤。若有轻微铁锈可用细砂纸或油石调光。

常用的安装方法有打入法和热套法两种：

打入法：先在轴颈上抹一层机油，把轴承套上后，用管子或软金属管抵住轴承的内圈，用手锤轻轻敲打，直到进入轴颈规定的位置为止。

热套法：把轴承放在机油锅内加热，油温保持在 100℃ 左右，锅底应放入一铁丝网架，以免轴承直接受热，同时也可避免油污物落在轴承上。加热后，将轴承取出并立即安在轴颈上，用管子轻轻敲打即可套入轴颈。

最后填入润滑脂，一般只要填入轴承空间的 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 容积即可，润滑脂过多或过少都会造成润滑不良，因为轴承发热会使润滑脂变质。

2. 电机绕组保养

1) 电机绕组的清洗

电机绕组绝缘下降，经烘干无法提高时或绕组上有油垢灰尘时，应对电机绕组进行清洗。清洗的方法有两种：一种是化学剂进行清洗，另一种用高温高压淡水冲洗。

当电机绕组绝缘电阻还很高但绕组表面有油垢、灰尘时，可用电动机清洁剂进行清洗。具体做法：用毛刷进行刷洗，对于毛刷触及不到的地方，用喷枪来冲洗。由于电动机清洁剂含有害的高挥发性气体，应在通风条件好的地方进行。

当电机绕组绝缘电阻低时，一般绕组中含有盐分。这时只能用高温高压淡水冲洗，把盐分油垢等污物带走。这种处理只能在船厂修理时进行。但船上可用热水浸泡、煮沸的方法来去掉绕组中的盐分。当电机进海水时，应进行淡化处理，即用淡水煮沸，换水三次后，再用蒸馏水煮沸。这样处理，一般就能去掉绕组中的盐分。

2) 电机绕组的烘干

船用电机的工作环境很恶劣，空气潮湿会使电机绕组易受潮。一般情况下，用 500V 兆欧表测量绕组的绝缘电阻低于 $0.5\text{M}\Omega$ 时，必须进行烘干，提高电机的绝缘电阻。但是对于因绝缘老化而使绝缘电阻降低的电机来说，烘干并不能提高其绝缘电阻。

绕组由于受潮而低于规定的绝缘电阻时，继续使用会击穿绝缘，使绝缘损坏。必须及时烘干，以保证电机正常安全运行。此外，进行清洗和淡化的电机绕组也需烘干。

烘干的方法很多，这里仅对中小型电动机的烘干作一介绍。

(1) 灯泡烘干

用红外线灯泡或白炽灯泡均可。先把电机拆开，抽出转子，然后将电机清洗干净，当确认电机绕组只是因受潮而使绝缘电阻降低，并无其他故障时，即可进行干燥。把定子放在木板或垫有其他干燥物的地板上，灯泡从端盖孔中吊入，灯泡的瓦数与个数可根据干燥电机所需的温度来选择和调整。对一些容量较大的电机，抽出转子后也可不移动电机，用支架在电机内孔和端部固定几盏白炽灯或红外线灯泡即可进行烘干。要注意不得使绕组局部过热。

(2) 烘箱烘干

用正规烘箱或简易烘箱进行烘干。定子放入烘箱加热时必须同时通风，烘箱内要吊入温度计便于记录和调整温度。

(3) 电流干燥

在定子绕组中通入电流，利用定子绕组铜耗产生的热量来驱除潮气。在开始时可通入 30% 额定电流，然后逐渐升高，根据所需干燥温度，可以升高到 100% ~ 120% 额定电流。可以通过自耦变压器调整电压或串联电阻来调节电流值。

(4) 热风干燥

利用电热吹风或主机的废热热风吹入电机进行干燥。

电机干燥的温度与电机的绝缘等级有关。船用电机多为 E 级和 B 级绝缘。E 级绝缘的电机干燥温度不超过 110°C ；B 级绝缘的电机不超过 120°C 。干燥开始两小时内每 30min 记录一次温度；前 4 小时每小时提高 15°C ，然后每小时提高 30°C 直到允许的最高温度；同时每半小时或一小时测量一次绝缘电阻。当绝缘电阻达到 $5\text{M}\Omega$ 以上而且不在变化时，即可停

止烘干。自然冷却后，再测量冷态绝缘电阻，合格后即可组装电机。

3. 换向器的维护与电刷的研磨

对于直流电机，换向器和电刷在运行中需要经常进行维护。电气管理维修人员必须保证电刷和换向器间接触良好；换向器表面光滑清洁，绝缘可靠。

(1) 换向器表面的清洁与研磨

应定期用手风箱或电风吹拂换向器上的电刷粉末和灰尘。对不能吹去的污物，可用少量电气清洗剂擦拭。换向器的沟槽中不得积存炭粉，以免引起片间短路。换向器片与电枢绕组焊接处应保持清洁。

当发现换向器表面粗糙、电刷磨损快、在换向器表面形成黑色的磨痕或换向器表面有灼痕时，应对换向器表面进行研磨。先用0#砂布磨去表面的粗糙薄层，再用00#砂布，最好是用过的旧砂布、快速抛光表面。表面粗糙度 R_a 应在 $3.2\mu\text{m}$ 以下。

(2) 换向器表面的光车与拉槽

换向器表面磨损严重出现凹沟、换向器发生变形、云母片凸出、经过大修的换向器等都需要用车床精车其外圆，称为光车。光车时，车床的转速要高，进刀量应小。车速可按下式选择：

$$n = \frac{1}{2R} \times 10^3 \quad (\text{r/min})$$

式中： n ——车床转速，r/min；

R ——换向器外径，mm。

光车后，换向片间要拉槽，使换向片间的云母低于换向片1~2mm。拉槽工具可以用钢锯条自制，若云母片比钢锯条薄，可适当磨薄锯条。大型的电动机的云母片较厚时，可以用几条钢锯条叠在一起使用。拉槽一定要小心，不要拉伤换向片。最后再用00#旧砂布进行磨光换向器。

(3) 电刷研磨

直流电动机更换电刷或电刷与换向器的接触不好时，应研磨电刷。

一般来说，电刷的间隙在下述范围内较好。轴向电刷为0.2~0.5mm之间；旋转方向上间隙在0.1~0.8mm之间，电刷尺寸较大时取大值。间隙大小可用厚薄规检查。

运行中的电机若检查其接触面时，可把电刷从刷握中取出，在光线明亮的地方进行观察。接触处光滑明亮，不接触的地方发暗。接触面积少于70%时，就须研磨电刷。

研磨电刷与换向器的接触面时，必须把电刷放在刷握中，然后在换向器表面上，包一长条00#砂布来回拉动。

有些电机的电刷不是与换向器表面垂直，而是有一定的斜度，在研磨电刷时，只有使换向器沿着规定的转向研磨，才能得到满意的结果。

(三) 组装步骤及注意事项

组装步骤与拆卸相反，即后拆的先装，先拆的后装，组装时应注意如下几点：

1. 用大扳手上紧螺钉时，不能用力过大，以防止扭断螺钉。螺钉的型号必须符合要求，不可用不同螺距和尺寸的螺钉强行旋入。螺钉上的弹簧垫片必须保留，不得舍弃。

2. 组装时注意保护绕组的端部，不得碰伤绝缘。组装完后，用手正反向转动几圈，注意转子转动是否灵活，有无异常声音。

3. 旋紧端盖和轴承盖螺钉时，应依次对角方向拧。以免损伤止口配合面并防止偏心，同时还应边转动转子，边观察其灵活性。

4. 组装时不得将异物或零件遗忘在电动机里。在组装开始时，一般用高压空气吹拂一次电机内腔。拆下的零部件必须装上，如有缺少或多余，一定要查明原因，返工重装。

5. 组装前、后应检测绕组间绝缘和对地绝缘，并进行比较，没有差别而符合要求，方可通电进行试验，观测电机温升、空载电流、噪声、转动的平稳性等等。

6. 进行负荷试验。

二、船用电动机的日常维护和运行中监视

(一) 日常维护

一般清洁是电动机维护保养工作的基本内容，它包括对电机本身和对电动机安装环境的清洁工作。

清洁电机要注意清除外表污物，以保证电动机正常运转和散热。封闭式电动机要使通风沟槽保持清洁，风扇上的孔洞透气良好。防护式电动机除了保持外表清洁外，还要注意通风孔道的畅通。在不拆卸端盖的情况下，可对防护式电机绕组端部进行擦拭或吹拂，尽可能保持清洁，以免有害物质腐蚀绝缘。直流电动机有电刷磨损，一般清洁时，要用手风箱（皮老虎）或手提电动吹风机吹去绕组端部和换向附近的电刷粉末及灰尘等，以保持绕组及电机内部的清洁。

电机的工作环境必须符合使用规定的要求，如无水、无腐蚀性气体等，以避免损坏电机的绝缘及其他结构部件。

轴承的维护工作主要是添油，换油，监视轴承温度和监听运转声音是否正常。

(二) 运行中的监视

为了保证设备正常工作，船舶电气维修管理人员应及时发现电动机故障并迅速排除。为此要经常监视电动机的运行情况。

1. 监视电源电压

电动机端电压必须保持额定值，电压过高或过低都会引起电枢电流，转矩和温升的变化。要求电源电压数值与额定值相差不超过 $\pm 5\%$ ，三相电压不平衡程度不得超过 $\pm 5\%$ 。

2. 监视电动机电枢电流

电动机运行时，电枢电流应在额定值以内。三相异步电动机电流应平衡，其不平衡度允许在 $\pm 10\%$ 以内。船用电动机铭牌上的额定电流，是指环境温度 45°C 时，在此电流下运行其温升不超过允许值，如果环境温度上升了，超过 45°C 。电动机长期运行允许的电流就要比铭牌数据小。

3. 监视电动机的温升

在额定情况下的电动机其温升不应超过允许值。若温升超过允许值，则表明电动机或控制设备和负载等有问题，必须查明原因，排除故障后，才能继续运行。监视温升可以用温度计，也可凭经验判断。一般靠手来感觉，手感与机温关系粗略关系见表 5-1。

4. 监听电动机运行时的声音

正常运行的电动机，由于轴承摩擦，铁心反复磁化和风扇转动等原因，会产生一种均匀连续不断的声音。安装合格的电动机在正常情况下也不会振动。当电动机有故障或机械部件不正常时，电动机的声音异常，并发生振动。

可用螺丝刀监听轴承的声音。螺丝刀接触轴承盖，手柄贴在耳朵上，即可听到轴承运转的声音。若声音连续均匀，则说明轴承工作正常；若发生连续的吐噜声或其他杂音，则表明

电机外壳表面温度与手感的关系

表 5-1

机壳温度 (°C)	手感	说 明	机壳温度 (°C)	手感	说 明
30	稍冷	机壳比体温低, 故感觉稍冷	65	非常热	仅能用手摸 2~3s, 离开后还感到手热
40	稍温	感到温和	70	非常热	用一个手指触摸, 只能坚持 3s 左右
45	温和	用手一摸, 就感到暖和	75	非常热	用一个手指触摸, 只能坚持 1~2s 左右
50	稍热	长时间用手摸时, 手掌变红	80	极热	手指触摸变得想离开, 用乙烯树脂试会减缩
55	热	仅能用手摸 5~6s	80~90	热	用手指稍触摸一下, 就感到烫的不得了
60	甚热	仅能用手摸 3~4s			

注: 当机壳为钢板时, 每种温度均应减去 5°C

轴承异常, 应检查处理。

5. 监视换向火花

直流电动机的各种故障几乎都能在换向火花上反映出来, 换向火花的颜色, 大小最能说明直流电动机的运转情况。正常运行的电动机的换向火花应符合规定的等级。若火花过大则表明电动机或负载有某种故障, 应停车检查。为了能以火花的大小和颜色上判断出故障, 维修管理人员必须经常观察火花, 熟悉火花的等级。火花等级见表 5-2。

直流电动机换向火花等级

表 5-2

火花等级	电 刷 下 的 火 花 程 度	换向器及电刷的状态	允许运行的方式
1	无火花	换向器上无黑痕	允许长期
$1\frac{1}{4}$	约 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{4}$ 电刷边缘下有微弱的点状火花	电刷上的无灼痕	连续运行
$1\frac{1}{2}$	大于 $\frac{1}{2}$ 电刷边缘下有轻微的火花	换向器上有黑痕, 用汽油可擦去, 电刷上有轻微灼痕	不允许在船上运行
2	电刷下大部分有较大的火花	换向器上有黑痕, 用汽油不能擦去, 电刷上有灼痕	仅短时过载或冲击时允许出现
3	全部电刷下有强大的火花, 同时有火花飞出。伴有爆裂声音	换向器上有严重黑痕, 用汽油擦不去, 电刷上有灼痕	仅在直接起动及逆转瞬时允许存在

三、电动机大修后的验收

为了检验新装或大修后电机的质量, 通常应做如下的检查和试验。

1. 外观检查

通电前必须检查电动机的装配质量。电动机各部件应安装正确, 螺钉固紧。转子转动应灵活自如, 可用千分表检查轴的径向偏摆及轴向游隙, 其误差应符合要求或不大于修理前的数值。

检查引出线及线端标志是否牢固、清楚。

直流电动机尚须检查电刷与换向器的接触面是否符合要求, 在光亮处观察其接触面不应

小于 70%。检查电刷压力时，可用弹簧秤，一般电化石墨电刷的压力在 2.45MPa 左右即可，也可用经验判断，另外，还应涂以红漆。最后检查机壳表面喷涂质量。

2. 测量绝缘电阻

用兆欧表测量大修后或新的电动机测量冷态绝缘电阻。

异步电动机各相对地绝缘电阻和相间绝缘电阻不得低于 $5M\Omega$ 。多速异步电动机应逐个测量各绕组对地及相同绝缘电阻。

直流电动机各绕组之间和各绕组对地的绝缘电阻不得低于 $5M\Omega$ 。

3. 耐压试验

电动机更换全部定子绕组之后，有条件的应进行耐压试验，测定绕组对地和各绕组之间绝缘强度。额定电压为 380V，额定功率在 1kW 以上的电动机，试验电压有效值为 1760V，频率 50Hz。额定电压为 380V，额定功率小于 1kW 的电动机，试验电压为 1260V，频率为 50Hz。绕组应能承受试验电压 1min。

4. 空载试验

试验前用电桥测量三相绕组的电阻是否相等，各相相差数值应小于 $\pm 5\%$ 。

在开始空载试验时，首先进行点动，以便检查转向是否与机械负载要求，若转向相反，对于交流电动机，掉换二相接线，对于直流电动机，励磁二线对掉。

定子绕组加三相平衡额定电压启动，并空载运行半小时。用钳形表分别测量三相电流，看是否平衡。各相相差应不超过 $\pm 10\%$ ，空载电流与额定电流的比值，看是否符合大修前该电动机正常运行时的数值。通常空载电流为额定电流的 $25\% \sim 40\%$ 。如果空载电流过大，电动机负载能力将减小。若仍拖动原来负荷，电流将超过额定值，导致电动机温升过高。

直流电动机的空载电流应小于额定电流的 5% 。

用转速表测量电动机的转速，一般应不低于大修前的数值，对新装电机，其转速应与铭牌标称值一样。在电动机转动时应观察有无定、转子相擦，风扇与风罩相碰等现象；监听电动机运行时有无异常的声音等。

直流电动机还需检查空载下的换向火花。空载运行时应没有火花，否则应检查电刷位置，电刷与换向器的接触，电刷是否跳动等情况。

5. 负载试验与温升的测定

空载试验一切正常之后，可进行负载试验，逐渐增加电动机的负载，每增加 15% 测定一次电枢电流和转速，直到额定负载为止。

如果要测量稳定温升，则负载运行时间不少于 4h。绕组的平均温升可在吊孔中插入温度计测量。测得温升值不应超过该电动机绝缘等级所允许的最高温升。

电动机负载运行时轴承温度不超过 95°C ，若温度过高，就应仔细检查轴承质量和润滑脂的牌号是否符合要求，同时还应检查电动机与被拖动的负载机械方面有无异常。曾经发生在某轮的油水分离器的电动机安装不好，造成一端轴承受到偏向径力，使其轴承端盖温度上升很高。这种事例不少。

负载试验应考虑到电动机铭牌规定的定额，若不是连续工作的电动机，应按定额进行负载试验。

各试验及检查的项目，内容，结果都应有详细的记录以备查阅。

大修后的电动机验收工作还必须考虑船舶检验部门的其他特殊要求。

第三节 船用异步电动机的检修

一、三相异步电动机常见故障原因及检查

由于船舶大多数使用的三相异步电动机都是鼠笼式异步电动机，下面均以这种电动机为对象来分析，而且，仅对电机本身而言，我们采用故障树的方法来分析。

1. 不能起动

采用故障树 FTA 分析法，可建造如图 5-2 所示的故障树。从故障树可见有八个原因。检查的步骤由简到繁，由表及里的原则。先看是否有电源，其次看机械方面，轴是否卡死；负载是否过大。如果以上都没有问题，再检查电机本身是否发生故障，检查方法见下面的常见故障检查方法。

2. 电动机起动后，转速低

其故障树如图 5-3 所示。造成该故障的可能原因有七个。检查的步骤：

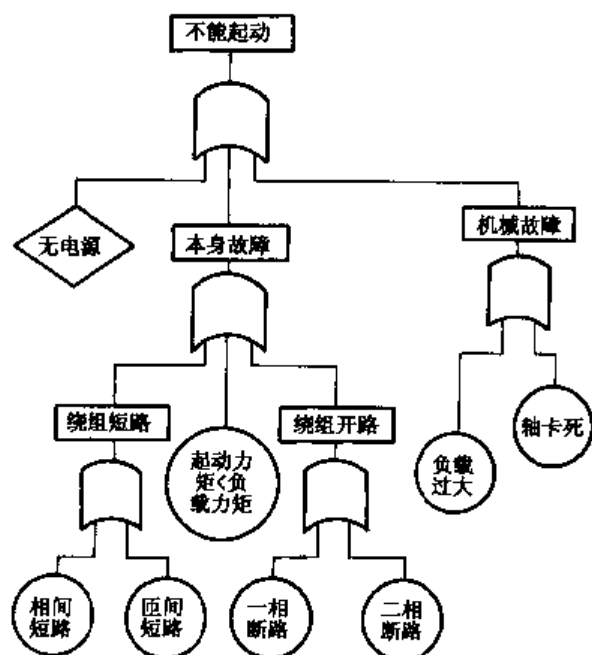


图 5-2 “不能起动”故障树

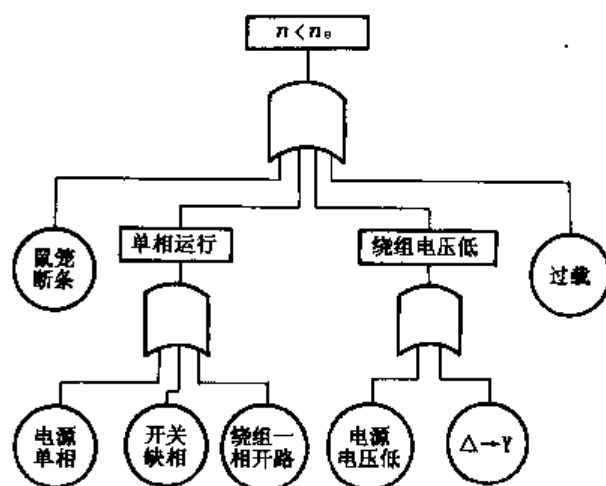


图 5-3 “ $n < n_n$ ”故障树

首先查电压是否过低，电源是否缺相、线路是否把角形接法接成星形接法，其次，检查负荷是否过大；这些情况都正常，才进一步检查电机本身。

3. 电动机温升高

我们从电源、电机本身，机械和散热四个方面来分析，可以建造其故障树，如图 5-4 所示。由故障树可知，造成该故障的原因有十二个。检查步骤：

首先检查是否缺相，线路电压与电动机的额定电压是否相符合，其次检查机械方面是否长期过载？噪声是否很大？散热条件是否恶化；通过上述检查，没有发现原因，再进一步检查电动机本身造成温升过高的原因。

4. 电动机运行时噪声大

我们从电磁噪声和机械噪声两个方面来分析。电磁噪声是电机中的电磁不对称引起的；而机械噪声是由电动机机械部分引起的。这样进一步分析，就可得如图 5-5 的故障树，造成

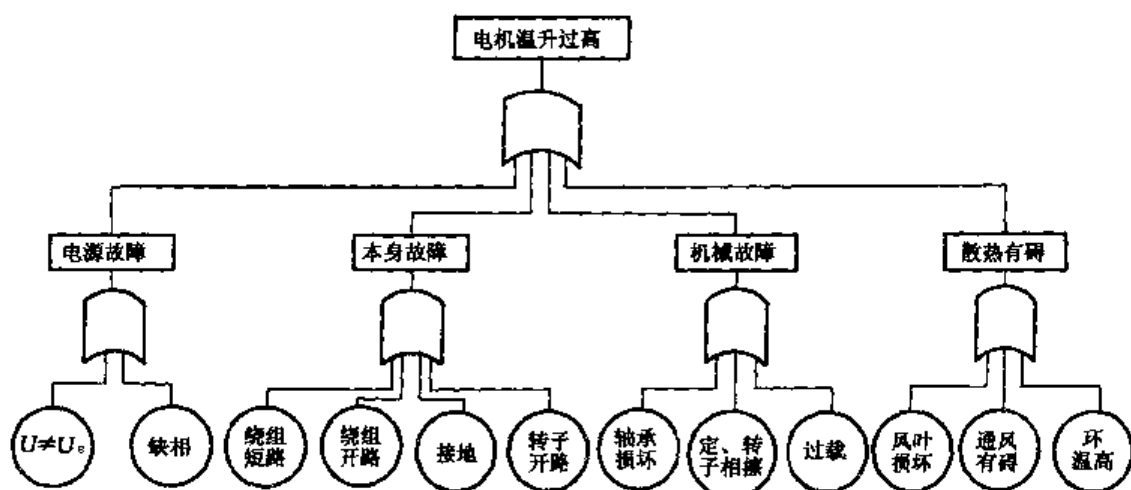


图 5-4 电机温升高的故障树

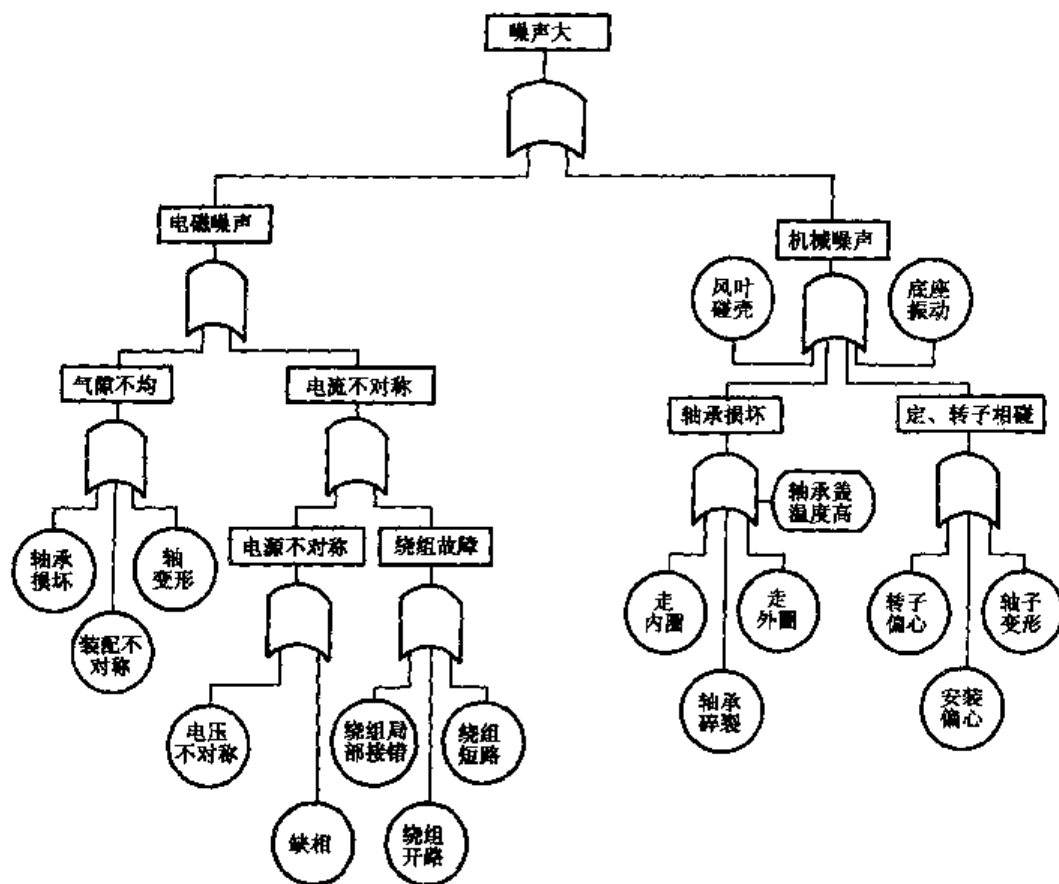


图 5-5 电机噪声大的故障树

该故障的原因就有 16 个。检查步骤如下：

首先判别该噪声是电磁噪声，还是机械噪声，或者两者都存在，判别的方法是：在空载试验切除电源，若噪声消失，说明是由电磁不对称引起的电磁噪声；若只有当转速下降到一定时，噪声才消灭，而且噪声大小随转速减小而明显减小，说明是由机械方面引起的；若切除电源，噪声只是减弱，说明既有电磁噪声，又有机械噪声。这时，说明不是电流不对称引起的而是气隙不均引起的。根据判断结果再进一步检查。

5. 电动机运行时振动过大

电动机的振动是由电磁不对称引起或机械方面引起的，我们从这两个方面入手分析，可

建造其故障树，如图 5-6 所示。由七个原因可造成该故障，检查步骤如下：

首先判别振动是电磁不对称引起的还是机械方面引起的，判别的方法：在空载运行情况下切断电动机电源，如果振动消失，说明是电磁不对称引起；如果只有当转速下降到一定时，振动才能减轻或消失，说明是由机械故障引起的。根据判别结果再进一步按故障树上的分枝进行检查。

6. 轴承过热

我们从轴承本身故障，润滑故障和安装故障三个方面来分析，从而可造出该故障树，如图 5-7 所示。造成该故障的原因有十个。检查步骤如下：

当电动机转动运行达到额定转速时，首先听是否伴有噪声，如果没有，说明润滑方面故障。如果有噪声，把联轴器脱离，这时电动机空载运行。若这时噪声消失，说明联轴器安装不良；如

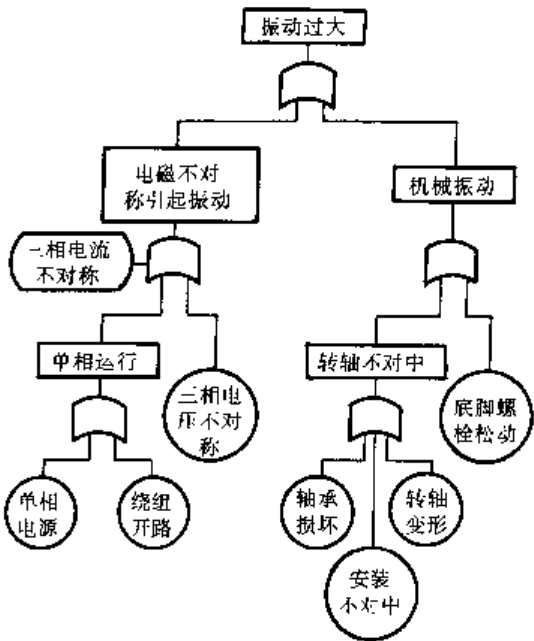


图 5-6 振动过大故障树

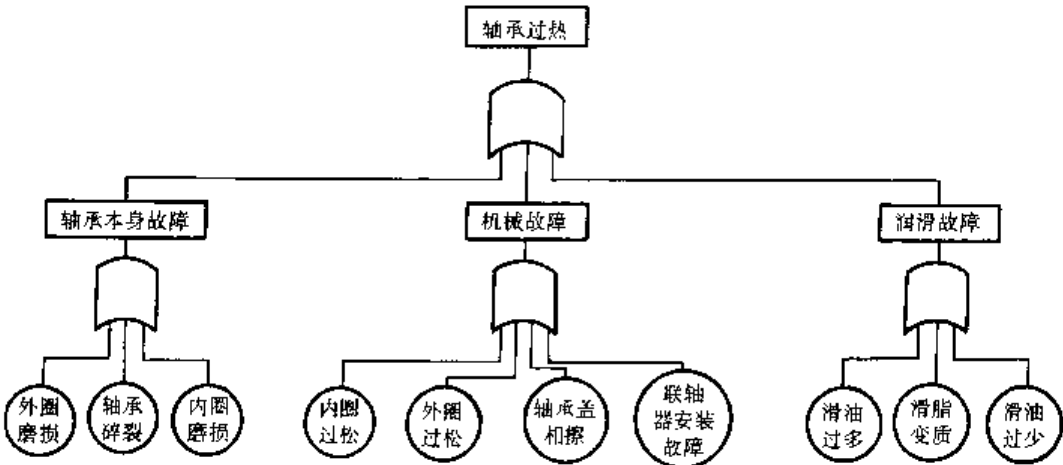


图 5-7 “轴承过热”故障树

果噪声仍然存在，振动，说明轴或轴承本身故障。需要解体检查。

二、异步电动机常见故障的检查和处理

(一) 绕组故障检查和修理

1. 绕组断路故障检查

断路故障大多数发生在绕组端部，线的线头以及绕组与引接线的连接处。由于绕组端部伸在铁心外面，导线易被碰断，或由于接线头焊接不良，长期运行后脱焊，以致造成绕组端部断路。因此，发生断路故障后，首先应检查绕组端部，找出断路点后，应重新连接焊牢，包上相应的绝缘材料后，再涂上绝缘漆即可继续使用。

检查单支路绕组电动机断路时，一般用万用表(低阻档)或校验灯。若绕组为星形接法，应分别测量每相绕组。如图 5-8 所示。断相时表不通或灯不亮。若绕组为三角形接法，需将三相绕组接头拆开后，再分别测量每相绕组，如图 5-9 所示。断相时，表不通或灯不亮。

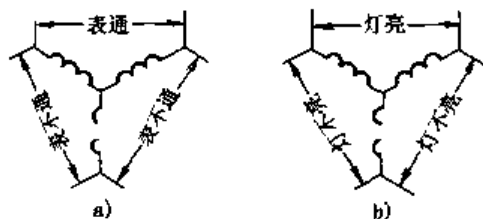


图 5-8 万用表或校验灯检查星形绕组断路

a) 万表用检查; b) 校验灯检查

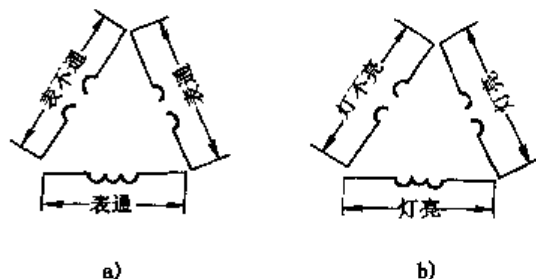


图 5-9 万用表或校验灯检查三角形绕组断路

a) 万用表检查; b) 校验灯检查

功率较大的电动机绕组,大多数采用多根导线并绕或多路并联,若其中一根(或几根)或一个支路断路,可采用以下两种检查方法。

(1) 电流平衡法

对于星形接法的电动机,可将三相绕组并联后,用自耦变压器提供低电压大电流的交流电,然后用钳形表测各相支路的电流,如果三相电流相差 5% 以上时,电流小的一相为断路相,如图 5-10 所示。然后将断路相的并联支路拆开,逐路检查,表不通或灯不亮的即为断路相里的断路支路。

对于三角形接法的电动机,则先将定子绕组的接点拆开,再逐相通入低电压的交流电,测量其电流,其中电流小的一相即为断路相,如图 5-11 所示。然后将断路相的并联支路拆开,逐路检查,找出断路的支路。

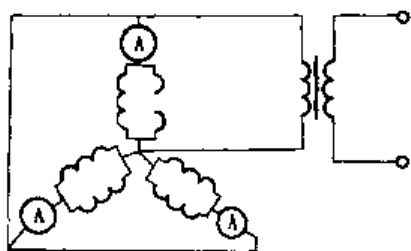


图 5-10 电流平衡法检查多路并联星形接法绕组断路

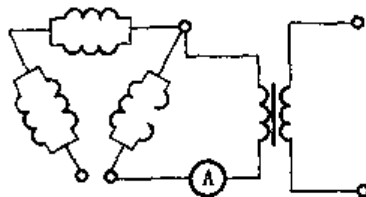


图 5-11 电流平衡法检查多路并联三角形接法绕组断路

(2) 电阻法

采用电桥测量三相绕组的电阻,若电阻值相差 5% 以上,电阻较大的一相绕组,可能有断路故障。

2. 绕组短路故障检查

定子绕组的短路故障主要是匝间短路和相间短路。

(1) 匝间短路

在正常情况下,导线表面都有绝缘层,所以匝之间是绝缘的。电流只能按一匝一匝地通过。如果线圈中相邻的两个线匝绝缘破裂而短路,交变磁通穿过被短路线匝回路,将产生感应电动势,由于短路线匝的电阻很小,因此在闭合回路中产生很大的电流,它将超过额定电流的若干倍,而将这一线匝或几组线匝烧焦。

(2) 相间短路

三相绕组之间因绝缘损坏而造成的短路称为相间短路。

相间短路会造成很大的短路电流,在短路处产生高热,导线熔断。

(3) 检查和修理

检查绕组匝间和相间短路的方法有以下几种:

①用兆欧表或万用表测量相间绝缘电阻,如果绝缘电阻值很低,就说明该两相绕组短路。

②用电流平衡法,见图 5-10 和图 5-11,分别测量三相绕组电流,电流大的存在匝间短路相。

③用电桥测量三相绕组的电阻,电阻值较小的一相为匝间短路相。

④用短路侦察器检查,将短路侦察器放在定子铁心槽口后接通交流电源,沿着铁芯内圆逐槽移动,当它经过短路绕组时,短路绕组即成为变压器的二次绕组。如在短路侦察器绕组中串联一电流表,此时电流表会指出较大的电流。如果没有合适的电流表,也可用 0.5mm 厚的钢片或旧锯条放在被测绕组的另一线圈边所在的槽口上面,如果被测绕组短路,则钢片会产生振动。

对于多并联的绕组,必须把各支路拆开,才能用短路侦察器测试,否则绕组支路中有环流,无法分清哪个槽的绕组有匝间短路。

如果短路点在槽内,则将该槽绕组加热软化后翻出,换上新的槽绝缘,将导线的短路部位用绝缘材料包好,然后重新嵌入槽内,再按上述方法进行检查。如果短路的匝数很少,只占每相总串联匝数的 $\frac{1}{12}$ 以下时,为了应急,可将短路线圈一端切断,用跨接法把短路线重新接通,注意一定要切断短路线圈的全部导线,使之不能成为闭合回路,并妥善绝缘,以免重新接通。如果线圈损伤太多,包上新绝缘后,导线无法嵌入槽内,或切断的匝数超过总匝数 $\frac{1}{12}$ 以上时,应拆下重绕。

3. 绕组接地故障检查

异步电动机由于长期过载运行,定、转子相擦,振动过大,受潮等原因,都会引起绝缘性能降低。老化或机械损伤而产生定子绕组接地故障,电动机更换定子绕组时,槽绝缘被损坏或绝缘未垫好,也会产生定子绕组接地故障。

检查定子绕组接地的方法很多。可用兆欧表,万用表和校验灯来检查,只要有一相对地绝缘为零,说明有接地故障,应把电动机解体,先用肉眼察看接地哪一相定子绕组绝缘物,如果发现绝缘有焦痕或破裂,即为接地点。如果找不到破裂或焦痕,则要用校验灯检查。这时接地点可能冒烟或有火花发生。如有条件,可将接地的那一相定子绕组接上单相调压器,将电压逐渐升高到 500~1000V 时,接地点就会明显跳火。若没有单相调压器,也可以用 500 或 1000V 兆欧表检查。

如用上面几种方法检查后仍不能找出接地点,那么接地点可能在槽内。这时,需要把该相定子绕组的极相之间的连接线剪断,分组逐极检查,但经验证明,接地点一般都发生在定子绕组伸出槽口的拐弯处口。

排除定子绕组接地故障时,亦应仔细检查绝缘损伤的情况,除绝缘已经老化外,一般是可以复补。如接地点在定子绕组伸出槽口的拐弯地方,而且只有少数导线损坏,或只是个别地方绝缘没有垫好,则可将定子绕组稍为加热使绝缘绕组软化,用竹片或划线板将定子绕组撬开,在绕组与铁心之间垫绝缘衬垫,若损坏严重应更换绕组。

4. 绕组接线错误与嵌反的检查

绕组接线错误或嵌反后,通电时绕组电流方向变反,因此电动机就不能正常运行。由于电动机磁场不平衡,因此,会引起电动机剧烈振动,噪声异常,三相电流严重不平衡,温度升高,转速降低,甚至不转。如不及时切断电源,就有可能烧毁电动机的绕组。

(1) 三相绕组头尾接反的检查方法

①交流感应法

将任意二相定子绕组串联，连接之后再接一低压（36V）灯泡，而另一相绕组接低压（36V）交流电源（对小容量的电动机，可直接用 110V 或 220V 交流电源），如果灯泡亮，说明串联的二相绕组是头、尾相连，即一相绕组的头与另一相绕组尾相连。如图 5-12a) 所示；如果灯泡不亮，则说明二相绕组是同名端相连。如图 5-12b) 所示。这样，一相绕组的头、尾已判别出来，用同样的方法，也可确定另一相的头、尾端。

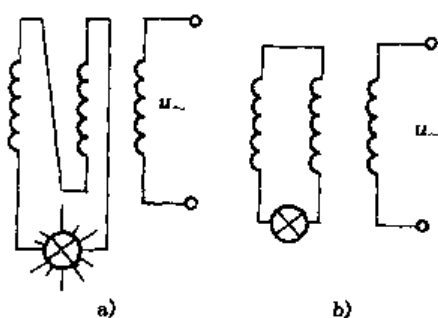


图 5-12 交流感应法判别首尾端

②直流感应法

在测出每一相绕组的端头之后，按图 5-13 后进行连接，电源用二节电池，电流表用直流毫安表（即万用表的毫安档）。当开关 K 闭合的一瞬间，如果电流表指针正向偏转，则表明连接电池正极的接线与电流表正极的连接的头是异名端。反之，同名端。用同样方法，也可判别另一相绕组的接线端头极性。

③剩磁感应法

把三相异步机的绕组接成如图 5-14 所示。用手转动转子，当 mA 表指针基本不动时，则说明各相绕组假定的首尾端正确。若指针摆动很大，则说明其中一相首端接错，就应调换一相绕组首尾端，然后再试，直到指针基本不动，则说明 3 个首端接在一起（或 3 个尾端接在一起），此法用于中、小型三相异步电动机和三相同步发电机。转动转子的速度应尽量快一些，指针的摇动才能更加明显。

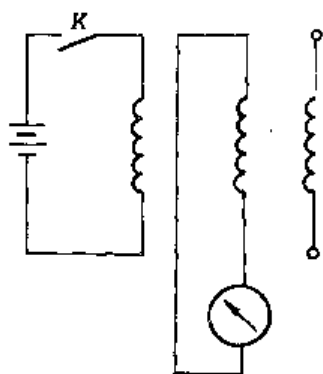


图 5-13 直流感应法判别首尾端

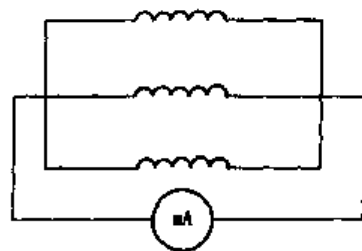


图 5-14 剩磁感应法判别首尾接线

④旋转磁场法

用三相自耦调压器，加入三相对称的低压交流电源给三相异步机的绕组，若绕组首尾端接线正确，就会产生一个均匀的旋转磁场，用一指南针或短路环位于定子内腔中央，就会旋转。若转速太高或太低甚至不转，说明三相绕组首尾接线有误，应依次调换，直到转动正常为止。若找不到指南针，也可用易拉罐，两端中央分别凿一个小孔，穿一根轴，来代替。

(2) 绕组内部个别线圈或极相组接错或嵌反的检查方法

将低压直流电源（一般用蓄电池）通入某相绕组，用指南针沿着定子铁心内圆移动，逐槽检查，如果指南针经过各极组时，指南针的方向交替变化。表示接线正确。如果经过相邻极相组时指南针的指向不变，表示极相组接反。如果一个极相组中个别线圈嵌反，在极相内，这时指南针指向就会交替变化。此时可把绕组故障部分的连接或过桥线加以纠正。在以

上检查过程中若指南针的指向变化不明显，则应提高电源电压。

(二) 鼠笼型转子断笼的修理

1. 铸铝鼠笼型转子断条的修理

铸铝转子常见的故障是断笼，主要是铸铝质量不好或使用不当（如经常正反转起动或过载和冲击负载）等原因造成。断笼包括断条与断环，断条是指笼条中一根或数根断裂（或有严重气泡），断环是指端环中一处或几处裂开。断笼后，电动机虽能空转，但起动转矩和额定转矩均降低很多。这时如果测量三相绕组电流，就会发现电流表指针来回摆动，有时还伴有异常的噪声，发现上述情况后，应将转子取出检查，先可目测，若端环开裂，一般可以看出；若断条严重，运行时间长，在断条槽口处可能会出现小黑洞。若目测不易发现，可用短路侦察器检查，如图 5-15 所示，逐步转动转子，当被短路侦察磁通包围的鼠条完好时，短路侦察器的电流表的读数大，如果该处鼠笼条有断裂，则电流表读数变小。

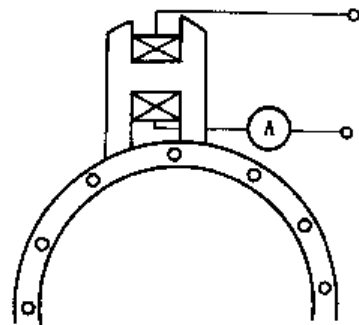


图 5-15 短路侦察器检查鼠笼断条

鼠笼型转子断笼的修理方法有以下几种：

(1) 焊接法

将条或端环的裂口扩大，然后把转子加热到 450°C 左右，再用锡（63%）、锌（33%）和铝（4%）组成的焊料气焊补焊。

(2) 冷接法

在裂口处用一只与槽宽相近的钻头钻孔，并攻丝，然后拧上一个铝螺钉，再用车床或铲刀，除掉螺钉的多余部分。

(3) 换条法

将原有的端环用车床车去，用夹具夹住转子铁心，浸入浓度为 60% 的工业烧碱液中，经过 6~7h，可以将铝条腐蚀掉（若将烧碱加热到 100°C ，腐蚀迅速加快）。铝熔化后的转子立即用水冲洗，再投入 0.25% 浓度的冰醋酸溶液中煮沸 1~2h 后取出烘干。也可将转子直接加热至 700°C 左右，将铝条全部熔掉并清理干净。将截面积等于转子槽形面积 70% 的铜条插入槽内，铜条必须顶住槽口和槽底，不能让它有活动的余地；铜条两端伸出槽口 20~30mm，再将车好的端环按转子槽口位置对应钻孔，套在铜条上，铜条与端环之间用磷铜焊牢。

对小型电机可把伸出槽口的铜条打弯，然后用磷铜将转子两端的铜条熔成整体即成端环，最后将其光车。

2. 铜条鼠笼转子断条的修理

为了改善电动机的起动性能，对于大中型的起货机电机采用铜条双笼转子。若这种转子铜条超出转子心外部较长，受扭力、离心力的作用，使之容易断裂；当转子动平衡差，或装配不良，引起电机振动；焊接工艺不良，频繁起动、制动，使转子铜条受到很大的电动冲击力等都会引起铜条和短路环断裂。特别是短路环断裂，端部受离心力作用，向外扩张，把定子端口绕组扫坏而烧毁。

为了防止这种故障发生，首先应限制操作频度，按设计要求暂载率来操作，使转子铜条受电动冲击次数减少，以便积累扭伤小一些。其次，改进转子本身的结构：使短路环伸出端缩短；使铜条在槽内没有间隙游动。改进焊接工艺。应当用铜焊接，增加断裂抗拉力，同时

焊接温度不宜过高，温度应均匀，保证焊接质量，消除内应力。

（三）轴承故障检修

轴承故障主要体现在轴承端盖过热，伴有噪声，振动等现象。如果发生了上述的现象，就得解体检查，对症排除，轴承损坏需要换同型号同规格轴承；如果润滑脂变质，就得清洗干净、更换。

如果轴承端盖或轴颈配合不紧密，就会造成轴承走外圆（与端盖配合松动）或走内圆（与轴配合不紧）。发生这种故障，主要现象也是端盖过热，噪声大，振动厉害等。解体时，不难发现轴承的外圈或内圈与端盖（或转轴）结合面呈黑色，如果严重的，结合面会起毛，修理方法：如果轴承与端盖配合较松，但尚不严重时，对于小功率电机，可用冲头在端盖轴承孔内均匀打出冲点即可，对于铝端的电动机此法无效。若此法尚不能奏效，则必须将端盖轴承孔车大，然后，再镶套。

如果轴承与轴颈配合过松，则必须对轴颈采用金属喷涂法或电镀法将轴颈部分直径加大，然后按要求进行磨光到所需的精度。这两种方法在船上是无法进行的。必须在厂修进行。对于小功率电机作为一种临时的应急修理，可以在轴颈四周焊一层锡，再用细砂布磨光。用焊锡的方法处理是因为轴承的运行最高温度达不到焊锡的熔化程度，但焊锡时应尽可能四周厚度均匀。

三、小型三相异步电动机定子绕组更换

在船上，常常发生小型异步机绕组烧毁或损坏，需要更换绕组。其更换绕组的步骤和方法如下：

1. 测取有关数据

记录电动机铭牌数据，以便了解电动机各额定值，极对数、绝缘等级等参数。拆除旧绕组之前，要查绕组的形式及接法，并联支路数，并绕导线根数，端部尺寸等，同时记录引出线的排列，使用引线的种类及绑扎方法，出线盒接线方法等。

2. 拆除旧绕组

小型异步电动机的定子多半为闭口槽，槽口较小，线圈多数为散下线的软线，浸漆后都粘合在一起，拆除困难。通常先通大电流或用喷灯把绝缘烧掉，然后在端部把线圈剪断，从一端边加热边抽出槽内线圈。注意，必须留下一、二个完整线圈，以便测取线圈数据和了解槽绝缘情况。

根据留下的完整线圈，测出每个线圈匝数，每槽导线数，线圈跨距，导线直径，同绕导线根数等，拆除绕组后，还要记录下定子铁芯槽形尺寸、铁芯长度和槽数等。

3. 制造绕线模

按照取下下来的完整线圈制造绕线模，绕线模可做成六角形，如图 5-16 所示，线模尺寸要合适，如果过小，绕出的线圈小，下线困难；若太大，端部过长会碰端盖。按实际线圈设计好绕线模以后，可用计算法加以校核，方法如下：

$$R = \frac{Y}{2} + (5-8) \quad (\text{mm})$$

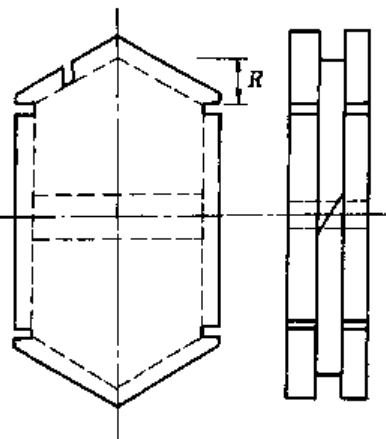


图 5-16 绕线模图形

其中: $Y = \frac{\pi(D+h_2)}{Z_1} Y_1$ (mm)

式中: Y_1 ——用槽数表示的线圈跨距, mm;

D ——定子铁芯内径, mm;

h_2 ——定子槽高, mm;

Z_1 ——定子槽数。

线模的直线部分长度:

$$L = L_1 + (20 \sim 30) \quad (\text{mm})$$

式中: L_1 ——定子铁芯长度。

线模宽度为线圈的跨距 b_y 。

如果电动机容量较小, 导线直径小子 1mm 时, 可在木板上按线模尺寸钉 6 个螺丝钉或钉子。包上纱布作为简易绕线模。在钉子上绕好线圈后。稍加整形即可使用。

4. 绕制线圈

绕线通常在绕线机上绕制, 这样可使匝数准确, 松紧合适。第一个线圈绕好后, 应重新核对一下其尺寸是否与拆下的旧线圈一样, 最好在定子铁心上试嵌一下, 看看各部分尺寸是否符合要求, 确认无误之后, 再绕其他线圈。绕时注意导线平直, 各线圈的绕向应一致, 不得损伤绝缘, 要留下有足够的引线长度。绕好的线圈最少要有四处用白纱线(或带)扎好。

5. 下线

下线前应把铁心槽清理干净, 槽内不许有粘附的绝缘和突出的附着物。应使槽内平滑、槽口没有错位的冲片。这一切工作做好之后, 再将槽绝缘放入。小型电动机多为 E 级绝缘, 可用聚酯膜与青壳纸的复合绝缘或一层 0.05mm 厚的聚酯膜和一层 0.15mm 厚的青壳纸。如果是双层绕组, 还应准备好层间绝缘, 所用材料与槽绝缘相同。槽绝缘的尺寸可以按照槽的尺寸剪裁, 长度要与线圈的直线部分相同或略长一些, 防止端部线圈直接与铁心接触。如图 5-17 所示, 为了便于下线。可使槽绝缘高出槽口, 下好线后剪去。

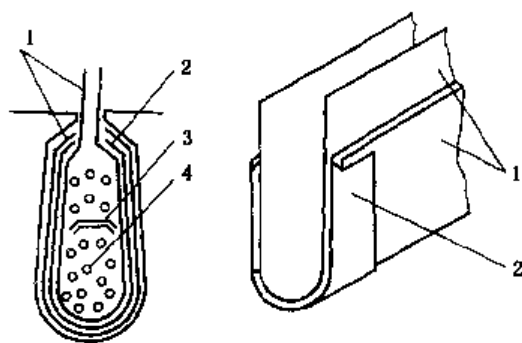


图 5-17 槽内绝缘

1-青壳纸; 2-聚酯薄膜; 3-层间绝缘; 4-导体

按照原来电动机的绕组型式和跨距, 依次把线圈嵌到定子槽内。下线时, 应使用每匝导线互相平行地嵌入槽内。随时用理线板理直槽内导线, 使导线平服整齐, 不许交叉叠压或绞线, 每下完一个极相绕组的线圈应整理端部, 使其向外呈喇叭形, 然后再放好相间绝缘及层间绝缘。

槽上、下层边嵌好之后, 用槽楔封好槽口, 槽楔用竹片制成, 厚度不小于 3mm, 两端应长铁芯 10~15mm, 槽楔应平直, 厚薄均匀, 干燥后用变压器油浸泡, 用时擦干。现在市场上有各种机号专用的电机槽楔出售。

6. 整理端部

全部线圈嵌完后, 按照测得的绕组端部尺寸把端部整理好。整理时可用较软的垫木, 最好垫木包一层厚的布放在绕组端部, 用小锤轻轻敲打垫木, 使绕组成形。端部伸出部分成喇叭的直径要符合测取的尺寸, 否则易于碰端盖或碰转子。剪去伸出外面的相间绝缘。

7. 接线

整理好的端部形状后，把线圈串联成极相绕组，然后按照记录的并联路数，把极相绕组接成相绕组。焊接连线时，用松香作焊剂，不要用镪水，以免腐蚀绝缘。将焊接处套上绝缘套管，然后把引线用细绳扎好，固定在绕组端部，通电进行接线检查，检查方法见本节：“二”的4小点，这里不重述。

8. 绕组烘干和浸漆处理

电机绕组更换线圈或重绕后，必须进行浸漆处理，以提高绕组的绝缘性能、散热能力和机械强度。船用电机对绝缘性能要求较高，浸渍用漆都选用具有较好的干透性、耐热性、耐弧性、耐潮性和附着力强的漆。一般可用 1012（耐油清漆），1031（丁基酚醛酸清漆），1032（三聚氰胺醇酸漆），1033（环氧树脂漆）等。

表面覆盖用漆为灰磁漆 1320。

上述浸漆及覆盖漆都是烘干漆。浸渍或涂覆后，必须加热烘干，否则不能干透或固化。

浸渍处理基本上包括预烘、浸漆和烘干三个主要工艺过程，一般浸漆前的预烘只有一次，而浸漆和烘干可能反复数次，以达到规定的处理要求。

预烘：更换线圈或重绕电枢线圈须预先进行烘干，然后才可浸漆。预烘目的在于去除线圈中的水分，使绝缘漆容易浸透。

浸漆：预烘后，冷却到 $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，然后浸没于约 30°C 的漆中，经 $15\sim 20\text{min}$ 后，取出放在漆槽上进行滴漆。余漆滴完后方可进行烘干。进烘箱前应把电机上不应粘有漆的地方用松节油或漆的稀释剂揩干净，以免加热固化之后不易除去。

烘干：为了挥发漆中的溶剂，使漆基起聚合作用，并加快漆的氧化，最后形成不再软化的固化树脂膜，必须在一定温度下，经一定时间进行烘干。烘干后，可提高绕组的绝缘强度，耐热和耐潮性能，同时提高散热，传热和机械强度等性能。

小容量电机浸漆处理工艺过程见表 5-3。

电机浸漆处理工艺过程

表 5-3

工序	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	时 间	备 注
预 烘	115~125	10~16 (h)	
一次浸漆	50~70	不少于 15~20 (min)	漆粘度: 20°C 时为 $20\pm 1\text{s}$ 。时间: 以最后不冒气泡为准
滴 干	室 温	不少于 20 (min)	
一次烘干	125~135	20~24 (h)	前 4h 为 70°C ，通风量稍大，以后以每 0.5h 升高 20°C 的速度，升高到规定温度，最后 2h 测绝缘电阻应大于 $15\text{M}\Omega$ ，并保持稳定不变
二次浸漆	50~70	不少于 10 (min)	漆粘度: 20°C 时为 $30\pm 1\text{s}$ 。时间: 以最后不冒气泡为准
滴 干	室 温	不少于 30 (min)	
二次烘干	125~135	20~24 (h)	同第一次烘干
三次烘干	50~70	约 30 (min)	漆粘度: 20°C 时为 $35\pm 1\text{s}$ 。时间: 以最后不冒气泡为准
滴 干	室 温	不少于 40 (min)	
三次烘干	125~135	20~24 (h)	同第一次烘干

9. 清理附漆及焊接引出电线

浸漆烘干后，把各处多余的附漆刮去。焊好六根引出电线，测量同名端后把引出电线接到出线盒的端钮上。引出线用细绳绑扎好，使其有次序的盘在绕组端部。最后进行外观检查，绝缘检查，测量其对地、相间绝缘电阻。一切合格后，即可进行组装和试验。

第四节 船用直流电机的维修

随着船舶电力系统的直流电制的淘汰，直流电机在船上也被淘汰，但是，由于直流电机的良好的调速性能和直流发电机工艺改进，目前，甲板上的 G—M 系统仍然占有一定的比重，根据有关报道，对于三输出的克令吊，占船舶起货设备 1/3 以上，所以，本节针对直流电机常见故障进行分析，对这种起货机的维修见第六章第五节。

船用直流电机常见故障及排除方法：

1. 电刷下火花过大

直流电机的好多故障都能从刷下火花反映出现，所以产生火花的原因很多，主要有：

(1) 电机过载：当电机过载时，电刷单位面积的电流大，引起换向困难，造成刷火花过大。

(2) 电刷与换触器接触不良：比如，换向器表面太脏；电刷弹簧太小，电刷与刷握间隙配合太紧，有卡阻现象存在，这时，应把电刷侧面磨掉一些，注意也不能太松。此外，应保证电刷与换向器的接面大于 70% 以上。

(3) 刷握松动，电刷排列不成直线；电机在运行中如果电刷不成直线，会影响换向。电刷位置偏差越大，火花越大。

(4) 电枢振动：电枢的振动是由于电枢与各磁极间的间隙不均匀，造成磁系统不均匀而产生的，这样造成电枢绕组各支路内的电压不同，其内部产生的均压电流使电刷产生火花。造成这种间隙不均可能是：

①磁极安装不当，如把垫片丢失或忘装或磁极松动。

②轴承磨损或损坏。

③电机与负载轴线没有对中。

(5) 换向片短路：如果换向器沟槽中填满电刷粉末或换向器铜粉，就会形成换向片间短路。若换向片间的绝缘云母脱落或霉变腐蚀也会造成片间短路。在检修换向器（即拉槽）形成的毛刺没有及时打光滑也会造成片间短路。所以应经常维护换向器，保持换向片清洁、光滑。

(6) 电刷位置不在中性线上，造成火花过大：由于修理过程中移动刷架或刷架螺栓松动。换向过程不发生在零电势元件上。那么电刷下就产生火花。必须重新调节中性点，其方法是：

①感应法：按图 5-18 接线，当转子静止时，将毫伏表接到相邻的两组电刷上（电刷与换向器接触要良好），励磁绕组经按钮 SB 接入 3V 的直流电源上。当不断地按动按钮，若指针不断摆动，则说明电刷不在几何中性线上，这时应移动电刷架，当毫伏表指针不动时，电刷已调到几何中性线上，最后固定电刷架。

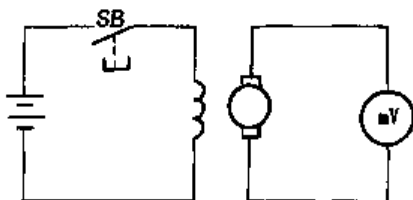


图 5-18 感应法

②试转法：对于可逆的直流电动机进行正、反试验。试验时用他励方式，在外加电压、励磁电流，负荷都保持不变下，使电动机正转测其转速，然后反转，测其转速，若正、反方向转速不相等，应转动刷架，再试验，一直调整到正、反转速相等为止，这时电刷位置即在几何中性线上，最后固紧刷架。

(7) 换向极线圈接反：一旦换向线圈接反就失去改善直流电机的换向作用，使其运转时换向更困难，在电刷下面产生更大火花。判断的方法是取出电枢+、-电刷成对用导线短接，电机通入低压直流电源。用小磁针试验换向极极性。发电机的换向极是沿着转向的前一个主极极性相同；电动机的换向极是沿着转向的前一个主极极性相反。（即发电机 $n-N-s-S$ ，电动机： $n-S-s-N$ ，其中大字母为主极性，小字母为换向极极性。）

(8) 换向极磁场补偿不当：若换向极磁场太强，补偿电枢反应过强，就会产生绿色针状火花，若换向极磁场太弱也会产生火花。

(9) 换向片间云母凸出，造成电刷与换向器接触不良，造成跳火现象。

(10) 电枢绕组与换向器脱焊：用电桥逐一测量相邻两片换向片间电阻，如测到某两片间的电阻大于其他任意两片的电阻，说明这两片间的绕组已经脱焊或断线。

2. 直流发电机不建压及电压低

自励式直流发电机不建压可能故障原因有：

①没有剩磁；②检修后，励磁线圈接反；③励磁绕组及调压器发生断路故障；④转向相反。

电压低的故障原因有：

①励磁电流减少；②电枢线圈匝间短路；换向片间短路；③电刷不在中性点位置或电刷与换向器接触不良；④转速低于额定值；⑤当发电机接上负载后，负载越大电压越低，说明串激绕组接反等。

3. 电动机不能起动

电动机不能起动的主要原因有：

①电动机没有电源；②电源电压太低或起动电阻太大，造成起动力矩小于负载力矩，而造成堵转，不能起动；③电刷卡住没有与换向器接触或接触电阻太大；④励磁回路开路。

4. 电动机转速高

根据电势平衡方程，在外加额定电压时，造成电动机转速高，主要是有效磁通减小。造成磁通减小的原因有：

①励磁回路电阻增大；②串激电动机在轻载起动；③积复激电动机的串激绕组接反；④并联激磁绕组有一路断等。

5. 电动机转速低

造成电动机转速低的原因有：

①外加电源电压低于额定值；②电刷不在中性线上；③电枢绕组短路或接地。

6. 电枢绕组过热或烧毁

电枢绕组过热的根本原因是过流。造成过流的原因有：

①长期过载；②电枢绕组短路或换向极线圈短路；③负载不变时，外加电压低于额定值；④发电机外部负载发生短路，造成电流过大；⑤电动机正、反起动过于频繁；⑥定、转子相摩擦，造成阻力矩增大等。

7. 磁场线圈过热

它可分为人为的和非人为的两种原因。人为的原因：当发电机转速过低或人为错误地把复激线圈接反，而造成端电压下降时，人为地调整激磁电压，造成激磁线圈过流。引起磁场线圈过热。非人为原因如并励绕组部分短路。

8. 电枢振动大

造成电枢振动的原因有：

①电枢平衡未校好；②轴承磨损或损坏；③检修时风叶装错位置或平衡块移动；④定子与转子相摩擦；⑤底脚螺丝松动等；⑥电枢间隙不均匀等。

第五节 交流单相电机的维修

一般交流单相电动机作为风扇、电钻、冰箱压缩机和洗衣机等的动力机。

一、电风扇常见故障分析和检修方法

随着船员的工作和生活环境不断改善，现代船舶都装有集中空调系统，但是对于小而老龄船舶而言，电风扇用量还不少，我们列出有关常见的故障和检修方法，见表 5-4。

电风扇常见故障和检修方法

表 5-4

序号	故障现象	可能原因	处 理 方 法
1	电扇不能启动	(1) 电源没有接通 (2) 定子绕组断路 (3) 短路环(罩极绕组)脱焊 (4) 电容器损坏 (5) 轴承损坏 (6) 含油轴承内孔有毛刺异物或无润滑油 (7) 转轴严重磨损 (8) 轴承支架螺丝松动引起转子间隙不均匀，使定转子相擦 (9) 电机装配不良 (10) 调速开关损坏 (11) 带有摇头机构的电扇，因齿轮箱内机械零件卡死而造成不能运转 (12) 扇头后盖螺钉过紧使转轴过紧	(1) 检查电源线路 (2) 找出断路处，如系引线部分折断，应重新焊接好；如槽内断线，应拆换绕组 (3) 重新焊接牢固 (4) 更换同规格的电容器，若无相同容量的电容器，也可采用接近的容量替换，但容量不能过小或过大 (5) 更换轴承 (6) 取出异物，刮去毛刺，清洗加油 (7) 更换转轴 (8) 调整好定、转子间隙，紧固轴承支架螺丝 (9) 重新装配，保证同轴度 (10) 检修调速开关 (11) 清除齿轮箱内的异物，更换磨损严重的零件并更换润滑脂 (12) 稍微将螺钉拧松即可
2	电扇启动缓慢，转速降低	(1) 电源电压过低 (2) 主、辅绕组接线错误 (3) 短路环组脱焊 (4) 电容量不足 (5) 吊扇转子下沉 (6) 轴承润滑脂干固 (7) 轴承磨损 (8) 扇叶变形扭角太大使负载加大，电扇处于超载状态运行 (9) 绕组匝间短路	(1) 检查电源电压 (2) 改正接线 (3) 重新焊接牢固 (4) 更换同规格的电容器 (5) 重新装配，排除转子下沉的原因，使转子恢复原位 (6) 清洗轴承 (7) 更换轴承 (8) 对吊扇，可取下叶片加以重叠比较，校正扇叶的最高最低点和扭角。对台扇应根据变形情况，反复校正，必要时更换扇叶 (9) 重新绕制绕组
3	电扇有时转有时不转	(1) 调速开关接触不良 (2) 连接线有脱焊点 (3) 定时器失灵 (4) 摇头零件配合过紧 (5) 罩极式电动机的罩极绕组开路 (6) 电容式电扇的电容器有软击穿	(1) 修理或更换开关 (2) 找出脱焊点重焊 (3) 更换定时器 (4) 检查摇头零件，找出故障进行修理 (5) 拆卸后检查修理 (6) 更换电容器

续上表

序号	故障现象	可能原因	处 理 方 法
4	电扇运转时有噪声	(1) 定、转子气隙内有杂物 (2) 定子与转子铁心未对齐 (3) 转子轴向移动量大 (4) 调速电抗器的硅钢片松动 (5) 轴承损坏 (6) 扇叶变形, 各片扇叶倾斜角度不同, 造成电扇运转时振动噪声 (7) 吊扇吊杆间的防震胶圈老化或损坏	(1) 清除杂物 (2) 对齐定子与转子铁心 (3) 在轴上适当加绝缘垫圈 (尼龙、玻璃、布板、层压布板均可) (4) 紧固夹紧螺丝 (5) 更换轴承 (6) 检修校正叶片, 必要时更换 (7) 更换新胶圈
5	电扇发热	(1) 电机定子转子相擦 (2) 部分绕组短路 (3) 缺油或摇头不灵活	(1) 检查转轴、轴承, 进行对称性修理或更换, 装配时注意气隙的均匀性 (2) 重绕绕组 (3) 清洗换油或修理摇头机构
6	电机要拨动一下才能起动	(1) 电机辅助绕组断线 (2) 电容器短路、开路或接触不良	(1) 找到断点重接或更换绕组 (2) 检查电容器, 如有损坏应更换同规格电容器
7	电扇摇头机构工作不正常	(1) 钢丝拉线松脱或损坏 (2) 离合器式摇摆机构, 失灵的原因往往是上离合齿不能沿啮合轴下滑同下离合齿啮合, 使转矩无法传到曲柄上 (3) 滑板式摇摆机构失灵, 可能是扣杆摇摆盘凹处打滑, 使摇摆盘不能很好定位 (4) 滑板上毛刺或滑道上有异物阻滞 (5) 斜齿轮严重磨损或齿合不良 (6) 齿轮箱盖上螺钉松脱引起盖板位移使齿轮啮合不良 (7) 摇摆连杆与曲柄连接的开口挡圈脱落, 或连杆太松	(1) 如松脱应固定好拉线, 如损坏应更换同规格的拉线 (2) 检查上离合齿的压缩弹簧, 若弹力不足应更换。如是啮合轴销上有毛刺, 应锉去毛刺, 并加少许润滑脂 (3) 应调节钢丝拉线位置, 使扣杆与摇摆盘凹处扣紧 (4) 需清理干净 (5) 更换斜齿轮 (6) 上紧盖板螺钉 (7) 更换新挡圈, 如连杆太松, 应适当加垫圈

二、手电钻的维修

手电钻的常见故障和检修方法, 见表 5-5, 其他的电动机工具也可参照表 5-5 来检修。

手电钻的常见故障和检修方法

表 5-5

序号	故障现象	可能原因	处 理 方 法
1	电钻不能起动	(1) 电源无电压或电源线路不通 (2) 手按式开关接触不良或损坏 (3) 电刷和换向器接触不良 (4) 电刷座绝缘破裂又受潮而被击穿接地 (5) 电枢绕组或定子绕组断路 (6) 轴承磨损 (7) 减速齿轮损坏	(1) 检查电源线路 (2) 检修或更换开关 (3) 如电刷磨损应更换电刷; 如弹簧压力不够应调整弹簧压力, 如电刷铜丝辫松脱应修复或更换电刷; 如换向器表面不平及不清洁应清除干净并车圆换向器 (4) 将电刷座拆下, 根据原有的绝缘材料、形状、尺寸、重新制作一个换上 (5) 在分别检查电枢绕组、定子绕组后, 确定修理或重绕 (6) 更换轴承 (7) 更换损坏的齿轮

续上表

序号	故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
2	电 钻 转 速太慢	(1) 电源电压过低 (2) 齿轮箱内的润滑脂太少 (3) 啮合齿轮磨损 (4) 电刷弹簧压力过大 (5) 转子绕组与换向片间的连线松脱 (6) 电刷不在中性线上 (7) 轴承及紧或有脏物 (8) 电钻转速太慢	(1) 检查并调节电源电压 (2) 添加性能良好的润滑脂 (3) 更换磨损的齿轮 (4) 调节电刷弹簧压力 (5) 用万用表检查脱焊点, 并焊接牢靠 (6) 校正电刷位置 (7) 清洗换油 (8) 用短路侦察器检查, 如有短路应进行重绕
3	电 钻 运 转时声响 异常	(1) 啮合齿轮损坏 (2) 润滑脂不足、不干净 (3) 轴承磨损及润滑脂不清洁, 或者 装配不良 (4) 风叶与转轴配合不紧	(1) 更换损坏的齿轮 (2) 清洗齿轮箱, 添足性能良好的润滑脂 (3) 更换轴承, 并加适量性能良好的润滑脂, 或重新进行良好的装配 (4) 取下风叶, 在风叶部分的轴上包一层厚薄 适当的铜皮, 再装上风叶, 使其紧密地套在轴上
4	电 刷 换 向器间火 花较大	(1) 电刷不在中性线上 (2) 定、转子绕组短路、接触不良 (3) 电刷与换向器接触不良 (4) 换向器表面不平	(1) 校正电刷位置 (2) 检查故障点, 确定修理或重绕 (3) 调整电刷压力, 修磨或更换电刷 (4) 车光换向器表面
5	电 钻 过 热	(1) 电钻超负载 (2) 轴承发热 (3) 减速箱外表发热 (4) 定、转子绕组发热	(1) 减轻负荷 (2) 排除机械装备不良故障, 清洗换油, 注意 润滑脂的质量和用量 (3) 清洗减速箱, 更换润滑脂, 调整齿轮配合 (4) 找出故障点, 进行针对性修理
6	在 某 一 位 置 不 能 起 动	换向器与转子绕组连接处有两处以上 断头	重焊

三、洗衣机的维修

洗衣机的故障可分为电动机故障, 电气控制线路故障和机械故障。可参照表 5-6 来检修。

洗衣机的电动机、电气控制线路和机械常见故障和检修方法

表 5-6

序号	故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
1	通 电 后 洗 衣 机 不 工 作	(1) 电源断路 (2) 电源电压低 (3) 定时器故障 (4) 选择程序开关接触不良或不能定 位 (5) 电容器损坏 (6) 电动机绕组断开或损坏 (7) 波轮底部间隙被堵住 (8) 洗涤衣物超量过多或缠绕波轮 (9) 传动轮损坏或脱落 (10) 传动皮带过松打滑或脱落 (11) 电动机主轴卡死	(1) 检查电源引线是否有电; 插头和插座完 好; 熔丝是否熔断。逐一查明原因排除 (2) 加装交流稳压器 (3) 检查定时器的接线是否松脱、断开; 定时 旋钮是否打滑; 触头是否接触良好。对于线松脱、 断开, 应重新接好; 旋钮打滑, 一般是定位销挡 壁断裂, 可用 502 胶水粘合; 触头接触不良可检 修或更换。损坏严重时更换定时器 (4) 用细砂纸磨光触头, 检修金属键杆。必要 时更换 (5) 更换同规格电容器 (6) 检修故障, 如绕组断点在外, 可重新接 好, 否则应更换损坏绕组 (7) 清除堵物 (8) 减少衣物或去除缠绕衣物 (9) 固定销钉或更换传动轮 (10) 调紧皮带或更换新皮带 (11) 检查主轴, 修复并加润滑油

续上表

序号	故障现象	可能原因	处理方法
2	波轮转速慢, 洗衣不干净	(1) 波轮与轴的连接松动 (2) 传动皮带过松或打滑 (3) 电容器容量减少、变质或接线松 (4) 电动机绕组局部短路 (5) 电源电压低 (6) 洗衣物过多或缠绕波轮 (7) 小皮带轮的紧固螺钉松脱 (8) 电动机转子笼条断路 (9) 定时器故障 (10) 电气控制系统其他元件接触不良	(1) 将固定螺钉拧紧或更换波轮 (2) 调整或更换传动皮带 (3) 检修或更换电容器 (4) 更换绕组 (5) 加装交流稳压器 (6) 减少衣物或去除缠绕衣物 (7) 拧紧螺钉 (8) 检修或更换转子 (9) 按本表第1条第(3)项处理 (10) 按电路图分段检查修复故障点
3	波轮时转时停	主要是定时器故障	按本表第1条第(3)项处理
4	波轮不能反转	(1) 定时器局部损坏 (2) 套缸洗衣机离合器扭簧坏 (3) 选择程序开关触头接触不良 (4) 修理后线路接错	(1) 检修或更换定时器 (2) 更换扭簧 (3) 检修触头或更换程序开关 (4) 按电路图重新接线
5	洗衣机运行时振动噪声大	(1) 波轮与洗衣桶相摩擦 (2) 传动机构润滑不良 (3) 电动机减震装置失效, 可能是橡胶垫老化, 或减震弹簧锈蚀失去弹性 (4) 皮带轮、电机底板、箱体后盖板等处的紧固螺丝松动或箱体变形	(1) 检查波轮是否不圆或变形; 波轮下面是否有硬币之类硬物。可拆下波轮除去杂物; 波轮不圆或轻度变形时, 可用小刀细心修整, 必要时更换波轮 (2) 如系波轮轴与密封圈之间缺少润滑, 可拆下波轮轴和密封圈, 在密封圈上涂适量润滑油, 再重新组装起来。如系皮带轮之间摩擦, 可在三角皮带两侧涂上少许石蜡。如系电机轴承缺油, 可拆卸电机加注润滑油。如系波轮轴与轴承之间润滑不良, 可从波轮轴下的加油孔加油 (3) 更换橡胶垫或减震弹簧 (4) 拧紧螺丝, 修复变形
6	脱水桶运行不正常	(1) 脱水桶盖微动开关接触不良 (2) 脱水定时器故障 (3) 脱水电动机绕组或线路松动、断路 (4) 脱水电动机电容器损坏 (5) 脱水电动机制动装置过紧或过松 (6) 脱水桶内衣物超量或放置不平衡	(1) 检修开关触头或活动栓 (2) 与洗涤定时器故障类似, 参阅本表第1条第(3)项 (3) 检修故障点 (4) 更换电容器 (5) 检修调整制动装置 (6) 减少衣物, 改善放置方式
7	脱水桶运行时有异常噪声	(1) 脱水电动机三根减震弹簧支承座不平衡, 使脱水桶撞桶壁 (2) 减震弹簧损坏或个别疲劳失效 (3) 脱水电动机轴与制动鼓松动 (4) 制动鼓变形或间隙过小 (5) 脱水衣物过量又分布不均匀	(1) 调整高度, 可给较低的减震弹簧加橡胶垫片。如效果不好, 可更换减震弹簧 (2) 更换弹簧 (3) 拧紧防松螺母 (4) 检修制动鼓, 调整间隙 (5) 减少衣物, 改善放置方式
8	洗衣机排水不畅或无法排水	(1) 排水拉带长期使用而松弛, 不能充分拉开阀门 (2) 排水拉带与排水旋钮之间的塑料钩子断裂, 或排水拉带断开, 造成无法排水 (3) 排水阀被杂物堵塞 (4) 排水管在机内折成死角或压瘪, 被杂物堵住	(1) 调整排水拉带松紧, 必要时更换 (2) 更换拉带或旋钮 (3) 拆开排水阀, 清除杂物 (4) 重新放置排水管位置, 将细铁丝弯成钩, 把堵塞排水管的杂物勾出

续上表

序号	故障现象	可能原因	处理方法
9	洗衣机漏水	(1) 排水管老化开裂或四周阀门连接不紧密 (2) 排水阀拉带太紧, 或排水阀中有杂物 (3) 波轮轴密封损坏, 使密封圈与轴不能紧密配合	(1) 更换排水管, 管口连接处可用胶水粘牢 (2) 适当放松拉带, 清除杂物 (3) 更换密封圈
10	洗衣机漏电	(1) 定时器或程序开关受潮漏电 (2) 电机受潮使机壳带电 (3) 接地线断开或接触不良	(1) 可用电吹风吹干 (2) 可进行烘干处理 (3) 接好地线, 保证接触良好

四、电冰箱的维修

每个高级船员的房间都有一台电冰箱。作为电气维修人员, 也应当掌握电冰箱常见故障的检修。电冰箱的故障可分电动机, 电气控制线路和制冷系统故障, 维修可参照表 5-7 进行。

电冰箱电动机、电气控制线路和制冷系统常见故障和检修方法

表 5-7

序号	故障现象	可能原因	处理方法
1	通电后电动机不起动, 且无响声	(1) 电源熔丝烧断 (2) 电源插头插座接触不良或内部断线 (3) 电源电压偏低, 低于额定电压的 15% (4) 起动继电器线圈损坏或触头接触不良 (5) 温度控制器断或在“停点”位置 (6) 热继电器没有复位或热元件断路 (7) 电动机绕组损坏 (8) 电动机引线断路 (9) 化霜器损坏 (10) 误操作按下化霜按钮 (11) 电动机起动电容器损坏 (12) 温度控制器感温剂漏失造成断路	(1) 查明原因后更换熔丝 (2) 检查修复, 必要时更换 (3) 加装交流电源稳压器 (4) 修复或更换 (5) 检查温度控制器回路或改在相应位置 (6) 将热继电器复位或检查排除断路故障 (7) 重绕电动机绕组或更换新压缩机组 (8) 检查引线, 接好断点 (9) 修复或更换 (10) 复位化霜按钮或待化霜完毕后自启动 (11) 检查确认后更换电容器 (12) 重充注适量感温剂或更换温度控制器
2	通电后电动机有响声但不能起动	(1) 电源电压过低 (2) 电动机绕组损坏 (3) 压缩机缺油或有故障 (4) 继电器工作失灵或弹簧片不好 (5) 漏电造成电压降太大 (6) 制冷系统内充灌制冷剂过多, 造成压力过高负荷过重	(1) 加装交流电源稳压器 (2) 重绕绕组或更换压缩机组 (3) 检修压缩机或更换 (4) 调整检修继电器或更换簧片 (5) 检查漏电原因排除故障 (6) 缓慢放掉一些制冷剂

续上表

序号	故障现象	可能原因	处 理 方 法
3	电动机 起动频繁	(1) 温度控制器通断温差过小 (2) 感温点选择不合适 (3) 感温管装卡松紧不当 (4) 感温管长度不当 (5) 门封不严, 严重漏冷 (6) 冰箱保温层隔热性能差 (7) 热继电器故障 (8) 温度控制器自动控制触头接触不良 (9) 制冷系统故障引起电动机过载	(1) 检修温度控制器, 修理方法是: ①调整温度控制器通断温差, 例如 WSF 型温控器, 逆时针旋转温差调节螺钉可增加其通断温差, 反之缩小。螺钉旋转一周大约变化 4℃ 温差, 可在 6-15℃ 温差范围内进行调整 ②感温管加塑料套管或与蒸发器接触表面之间加上塑料垫片, 以增加热阻 ③更换温度控制器 (2) 移动感温点使感温部位与温度控制器通断特性相匹配 (3) 开机时间过短时可适当放松感温管卡, 停机时间过短时则应装紧感温管 (4) 缩短感温管长度可适当延长开机时间 (5) 修补门缝隙或更换磁性门封条 (6) 更换良好保温层材料 (7) 修复或更换 (8) 检修或更换触头 (9) 检查排除制冷系统故障
4	电动机 运转时间 过长或运 转不停, 电冰箱不 降温	(1) 制冷剂严重泄漏 (2) 制冷系统严重堵塞 (3) 温控旋钮调节不当, 置于“不停”或“强冷”位置 (4) 温度控制器感温管移位或松动, 脱离蒸发器 (5) 温度控制器触头粘结 (6) 蒸发器上冰霜太厚 (7) 温度控制器断开温度过低 (8) 压缩机内零件破损 (9) 箱体保温层材料性能差 (10) 间冷式冰箱的冷风循环风扇不工作 (11) 门封泄漏严重或开门次数时间过多 (12) 箱内贮存物过多, 冷气对流困难	(1) 有油迹处有泄漏点或充入一定压力气体, 用肥皂水检漏。修补漏处; 更换过滤器; 二次抽真空后, 充注适量制冷剂 (2) 清洗管道, 去除堵物; 更换过滤器; 二次抽真空后重注适量制冷剂 (3) 从“不停”或“强冷”位置调到正常使用位置 (4) 感温管尾部移至蒸发器上夹持固定 (5) 温控器旋扭从“停”到“最冷”挡位反复旋转几次可恢复正常, 否则检修更换新配件 (6) 清除冰霜 (7) 旋转温度调整螺钉, 可以改变开点温度 (WSF 型温度控制器, 顺时针方向旋转可使温度升高, 逆时针方向旋转可使温度降低。WDF 型温度控制器, 旋转开点调整螺钉可改变开点温度, 顺时针方向旋转可使温度升高, 反之降低; 旋转停点温度调整螺钉, 可改变停点温度, 顺时针方向旋转可使停点温度降低, 反之升高), 必要时更换温度控制器 (8) 拆卸压缩机组, 检查更换新配件 (9) 更换新材料 (10) 检修或更换风扇电动机 (11) 检修更换门封条或减少开门次数与时间 (12) 减少贮存物, 疏通对流通路
5	电动机 起 动、运 行中突然 停转	(1) 电源电压升高超过 240V (2) 压缩机有机械故障 (3) 热继电器误动作或故障 (4) 起动继电器触头粘连 (5) 电动机线路接地或短路 (6) 电动机绕组短路	(1) 增设交流电源稳压器 (2) 检修或更换压缩机组 (3) 检修调整或更换热继电器 (4) 修理或更换新触头 (5) 检查排除故障点 (6) 重绕绕组或更换新机组

续上表

序号	故障现象	可 能 原 因	处 理 方 法
6	电动机及箱体漏电	(1) 电动机绕组绝缘损坏 (2) 温度控制器绝缘损坏或性能降低 (3) 电气控制线路绝缘损坏 (4) 感应漏电或无可靠的接地线或接地线断开	(1) 检修、重绕或更换压缩机 (2) 更换温度控制器 (3) 检查故障点, 加强绝缘, 必要时更换 (4) 接好地线
7	照明灯长亮或不亮	(1) 灯开关损坏 (2) 灯座接触不良、生锈, 灯泡烧坏, 电路断线或松动	(1) 检修灯开或更换 (2) 检修线路, 更换灯座、灯泡
8	电动机运转时噪声	(1) 电冰箱箱脚未调好 (2) 压缩机固定螺钉松动 (3) 压缩机固定用的减振胶垫压的过紧、过松或老化 (4) 外接水盘有振动 (5) 压缩机内部噪声增大或消振吊簧断裂 (6) 电动机本身故障 (7) 高低压管路或毛细管之间因压缩机运转碰撞时发出噪声	(1) 调整四只箱脚螺钉, 使其平稳 (2) 拧紧固定螺钉 (3) 调整减振胶垫的松紧程度或更换新胶垫 (4) 固定好接水盘 (5) 更换压缩机或修复消振吊簧 (6) 检修电动机 (7) 用手轻轻移动管路, 避免管路与管理, 管路与箱体的碰撞
9	压缩机能自动停开, 但箱内温度偏高	(1) 安装位置不当, 靠近热源 (2) 蒸发器结霜过厚 (3) 制冷剂轻度泄漏或充灌过量 (4) 门封不严, 老化破损或折曲变形 (5) 照明灯关门后不灭 (6) 温度控制器调节旋钮在“弱冷”点 (7) 间冷式电冰箱风门调节钮旋在“弱冷”点 (8) 冰堵 (9) 压缩机效率降低 (10) 压缩机效率降低 (11) 毛细管结蜡 (12) 调风门失灵 (13) 食品放得过多、过挤	(1) 移动电冰箱位置, 远离热源 (2) 及时除霜 (3) 查漏补焊, 充灌制冷剂或放掉少量制冷剂 (4) 检修或更换门封 (5) 检修调整灯开关 (6) 将旋钮旋到“中”点 (7) 将风门调节钮旋到“中”点 (8) 排除冰堵 (9) 修理电动机, 必要时更换压缩机 (10) 检修或更换压缩机 (11) 冲掉结蜡或调换毛细管 (12) 将风门取下, 先检查机件是否失灵, 如失灵, 进行调整 (13) 减少食品储存量
10	蒸发器不结霜	(1) 制冷剂严重泄漏 (2) 压缩机高、低阀片击穿 (3) 压缩机高压缓冲和断裂 (4) 制冷系统脏堵	(1) 查漏补焊, 重新充灌制冷剂 (2) 开壳检修或更换压缩机 (3) 开壳检修 (4) 更换脏堵部件
11	蒸发器结霜不全	(1) 制冷剂部分泄漏 (2) 轻微脏堵 (3) 压缩机效率降低 (4) 温度控制器旋钮调在“弱冷”点(开冷时)	(1) 查漏补焊, 重新充灌制冷剂 (2) 更换脏堵部件 (3) 更换压缩机 (4) 冬季把温度控制器旋钮调到“中”点
12	蒸发器时而结霜时而溶化	产生冰堵	对制冷系统重新进行抽真空、干燥、充灌制冷剂
13	蒸发器入口处有少量很实的霜或冰	产生局部冰堵	对制冷系统重新进行抽真空、干燥、充灌制冷剂

第六节 船用变压器的维修

一、船用变压器的维护与主要故障

船舶上常用的变压器有三相变压器、单相变压器、和特殊用途变压器等。用于照明、电热等负载供电的多为容量较大的三相变压器，结构为干式空气冷却防水式。

（一）使用与维护特点

1. 使用时应严防潮湿，以防变压器绕组受潮而使绝缘电阻下降。在日常维护中应定期检查变压器的密封是否良好，螺钉有否松动。经常测量变压器绕组的绝缘电阻。用 500V 兆欧表测量，其相间及对绝缘电阻应不少于 $0.5\text{M}\Omega$ ，低于 $0.2\text{M}\Omega$ 时，必须采取措施提高绝缘电阻。

2. 保持引出线端子的清洁，去除污物和油垢。接触良好，若发现端子有过热痕迹，应当除去氧化物，重新旋紧，减少接触电阻，防止短路或接地。

3. 经常监视变压器的发热情况，其温升不得超过绝缘允许的最高温升。在船舶上加装容量较大的单相负载时，应使变压器的三相电流平衡，三相电流的不平衡程度不得超过额定电流 $\pm 5\%$ ，最大相的电流不得超过额定电流。

4. 在使用各种小型变压器时，应注意电源的接线，决不可把副边绕组接向电源，以免烧坏变压器。

（二）主要故障

1. 变压器绕组接地

当变压器某相原边或副边对地绝缘电阻为零或接近零时，即可认为发生通地故障。

发生通地故障的原因主要有：绕组严重受潮，失去绝缘能力；绕组绝缘材料老化使绝缘电阻下降；机械原因使绕组绝缘受到损伤等。另外，由于变压器引线碰壳，引出线端子处积存污垢和水分也会产生通地故障。

绕组通地的检查方法与电动机定子绕组接地的检查方法相似，用校验灯或 500V 兆欧表测量绕组绝缘电阻。若仅为受潮使绕组绝缘电阻降低，则必须进行烘干。

2. 变压器绕组断路：一般船用照明变压器绕组的导线较粗，不易发生断路。断路的原因常常是由于接线螺钉松脱或焊接处发热脱焊。

3. 变压器绕组短路：绕组匝间短路常见，产生的原因多为导线局部受力使绝缘强度减弱，在电磁力和发热作用下逐渐发展而成。此外，在维护保养中，常发生绕组绝缘被碰伤而产生短路的现象。

故障现象表现在变压器严重发热，有焦味或冒烟；测量三相电流时可以发现严重的不平衡，这时必须停止运行，进行检查修理。

二、特殊变压器的使用与维护

（一）交流电焊机的维护要求

1. 交流电焊机都是可移动的，在露天使用时要防止海水或雨水浸入，使用后要放置在干燥遮雨的地方，并加以固定，以免随船摇晃而移动。

2. 使用时应观察运行情况：如电流、温升，使其温升不得超过其绝缘允许的最高温升。

3. 经常用 500V 兆欧表测量原、副边绕组的对地绝缘电阻以及它们之间的绝缘电阻，一般不少于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

4. 电焊机电流很大，绕组和铁心要经常受到较大的电磁力的作用，所以要定期检查各螺钉的紧固情况，如有松动，应及时固紧。

5. 定期检查电抗器的线圈及连接线有无绝缘破损，导线断裂等情况。

6. 定期清除内、外部的积垢、油污和灰尘等，防止和异物落入壳内。同时检查焊钳引线有无绝缘破损。

(二) 电压互感器的使用

选用电压互感器时，可根据被测电压的数值和所用的仪表电压线圈的额定电压，选择电压互感器的额定电压比，应使互感器原边绕组的额定电压等于或稍大于被测线路的电压。电压互感器的额定容量应不小于所有测量仪表消耗的功率。

使用电压互感器时的注意事项：

1. 电压互感器的原边绕组与被测的电路并联，副边绕组与电压表，其他仪表需量取电压信号的线路并联，其副边不允许短路。

2. 电压互感器原、副边需安装熔断器，以对电网和互感器作短路保护。

3. 电压互感器外壳，铁心和副边绕组需可靠接地。

(三) 电流互感器的使用

选用电流互感器时，可根据被测电流的数值和所用的仪表电流线圈的额定电流，选择电流互感器的额定电流比。应使电流互感器原边绕组的额定电流稍大于或等于线路被测电流。电流互感器的容量应不小于所有测量仪表消耗的功率。

使用电流互感器时注意事项：

1. 电流互感器的原边绕组与被测线路串联。

2. 电流互感器外壳、铁心和副边绕组需可靠接地。

3. 运行中的电流互感器副边绕组不允许开路。

4. 电流互感器原、副边绕组不得安装熔断器。

第六章 船舶辅机电气系统的维修

现代商船的辅机大多数是电力拖动，由于拖动的对象不同，其拖动控制方案就不一样，控制系统线路也不相同，这样，出现的故障现象、故障所在也不一样。即是相同故障现象对于不同线路，其故障所在也不一样。这就给维修人员带来一定的难度，但是，辅机对电力拖动系统提出的技术要求是一样的，维修人员了解了这些技术要求，再根据具体线路、故障现象进行分析就不难查出故障原因。本章选比较具有代表性控制系统线路来讨论其维修方法。

第一节 电气控制线路图的读图方法及一般故障的检查方法

一、电气控制线路图的读图方法

要维修设备，首先要知道它的工作原理，要知道其工作原理必须读懂图纸。对于电气设备而言，一般有电气设备的工作原理图和安装图或者对简单的电气设备两者合一。读图是关键，也是维修人员必须掌握的，常用的读图方法有：按工作原理图进行查线读图，另一种是按工作原理图中的元件状态和连接关系进行逻辑代数读图法。但是不管采用哪一种读图法。首先必须知道图纸上的符号表示什么。对于同一个元器件，各国表示的图形和方法也不尽相同。附录列出几个主要外国电气元器件符号及我国文字符号。以备读图时查阅。

1. 查线读图法

查线读图法，先从主电路开始，查读了主电路，就可大体知道电动机是否有正、反转控制，采用什么调速方式，采用什么制动方法。根据主电路分析的结果所提供的线索及元件触点的符号文字，就可在控制回路找出相应有关的控制环节。在查读控制回路时，一般是从控制电源侧开始，然后从上到下查读，并且应假定某一个指令或信号（如起货机控制系统，假定主令器打到上升第1档）作用下跟踪线路，观察在这个指令作用下，引起其他控制元件的动作，再查读这些被驱动的控制元器件的触头又驱动哪些元器件，一直查读到出口电器（执行电器）为止。注意在查读时，应把被驱动的继电器所有触头动作状态变化，查读完，不可遗漏。

现在以某轮的液压起货机的电动机的控制线路图 6-1 为例，说明查线读图法的应用。图 6-1 中 SC 是一个选择开关，打在“1”位置，是手动切换，打在“2”位置，是自动切换操作。

首先，查读主电路，从图可见：有三个接触器，1KM 是把电动机接成 Y 形，3KM 是把电动机接成 Δ 形，2KM 则是电源接触器，FR 是热继电器发热元件，可见，这是一个 Y— Δ 降压起动控制线路。起动时，接成 Y 形，运行时，接成 Δ 形，而且在切换过程中，是 1KM 是先断开，然后 3KM 才闭合，否则，会造成电源直接短路。

查读控制回路：

（1）起动过程：

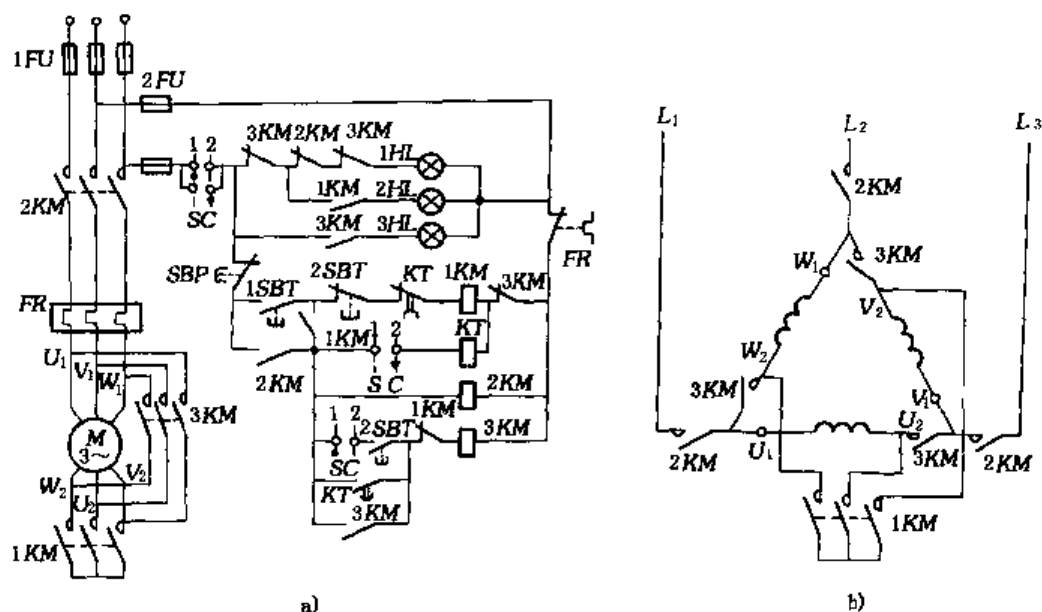
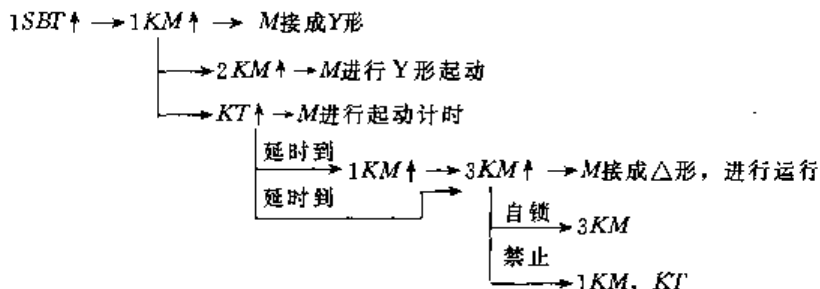


图 6-1 Y-Δ减压起动原理图

a) Y-Δ减压起动原理图; b) 电机 Y-Δ接线原理图

假定 SC 选择开关置在 2 位 (即自动切换操作)。当按下起动按钮 1SBT 使 1KM 有电, (电源通过停止按钮 SBP→1SBT→2SBT (手动切换按钮)→KT 的常闭触头→1KM 线圈→3KM 的常闭触点→FR 常闭触点), 1KM 的触头闭合, 使电动机接成 Y 形, 同时 1KM 的常闭触头断开, 使 3KM 线圈不能得电, 防止电源短路。1KM 另一对常开触头闭合, 使得时间继电器 KT 有电, 进行起动计时, 它也使得 2KM 得电, 2KM 主触头闭合, 接通电源, 进行起动, 它的辅助常开触头闭合进行自锁。当整定的起动时间到时, KT 的常闭触点打开, 使得 1KM 失电, 1KM 主触头断开, 1KM 的常闭触点闭合, 在 KT 常开触点延时闭合的共同作用下, 使 3KM 得电。3KM 主触头闭合, 使电动机在 Δ 形下起动运行, 同时 3KM 的辅助触头 3KM 进行自保。这样 Y—Δ 切换起动就结束了。

为了简便表示上述过程。我们约定: 用 ↓ 表示电磁线圈失电, 开关受外力作用撤消, 常闭触点闭合, 常开触点断开; 用 ↑ 表示电磁线圈得电, 开关受外力作用, 常开触点闭合, 常闭触点打开, 我们就可把上述过程用如下表示:



(2) 停车过程:

停车, 只需按下停止按钮 SBP, 使得 2KM, 3KM 失电, 各自主触头断开, M 失电, 停车。

可见, 查线读图法比较直观, 特别是用符号来表示, 动作顺序很清楚。但是, 对于复杂的线路, 容易出错或遗漏, 所以, 在读图时, 当某一个继电器被驱动后, 应把该继电器的所有触点带动下一级的元器件的作用状态都得找出并列在该继电器符号的下属列下, 如上述的

1KM、KT、3KM 的下属。有多少对触点就有多少支路，不得遗漏。

2. 逻辑代数读图法

逻辑代数读图法具体步骤：

第一步：列出各个控制元件的逻辑代数方程。

列代数方程的方法：方程等号左边是控制元件本身，如接触器或继电器、指示灯等，等号的右边列出控制它的各个控制触头（该控制元件所处的整个回路所包括的逻辑量。其逻辑量约定：常闭触头写成“非”的形式，常开触点与其线圈逻辑量一致；转换开关 SC 按常开触头处理，主令器按常开处理。触头并联是“或”运算，串联是“与”运算；熔断器和电源关系可以不写在代数式中；而且方程中的所有逻辑量都是未通电或未受外力作用的初始量。应按图中的每一个控制元件列出一个方程，图中所有控制元件都应有对应的一个方程。

第二步：在某一个指令或信号作用，求出各元件代数方程的值。

首先，记住初始状态时各逻辑变量的状态，然后，假定某一个指令（主令器的操作，按钮按下，压力开关断开等）发生，看哪一个逻辑代数式运算后为“1”，那表示等号左边的那个控制元件得电。再运用这个运算的结果，代入其他方程，求出其他控制元件的状态，一直到求出所有出口元件（执行元件）和被控对象的状态。

抽象地谈论逻辑代数法较难理解，下面通过一个具体的控制线路来说明其应用。

某轮的机舱具有抽、鼓风机控制线路如图 6-2 所示。

采用逻辑代数读图法，首先列出控制元件的方程：

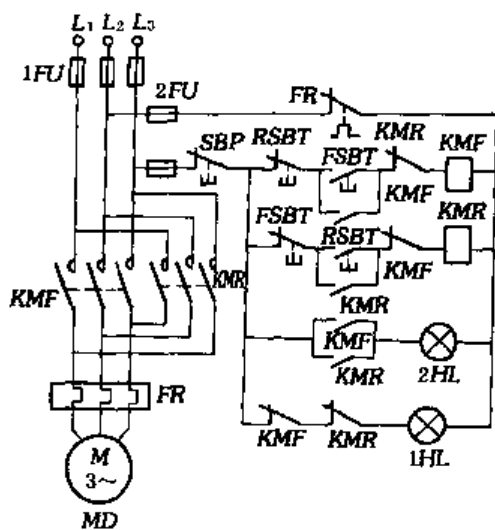


图 6-2 机舱风机线路图

对于正转（鼓风时），接触器 KMF 线圈（用 KMF_0 表示以便区别于本身的触头符号）

$$KMF_0 = \overline{SBP} \cdot \overline{RSBT} \cdot [FSBT + KMF] \cdot \overline{KMR} \cdot \overline{FR}$$

对于反转（抽风时）接触器 KMR 线圈：

$$KMR_0 = \overline{SBP} \cdot \overline{FSBT} \cdot [RSBT + KMR] \cdot \overline{KMF} \cdot \overline{FR}$$

对于指示灯 1HL

$$1HL = \overline{KMF} \cdot \overline{KMR} \cdot \overline{SBP} \cdot \overline{FR}$$

对于指示灯 2HL

$$2HL = (KMF + KMR) \cdot \overline{SBP} \cdot \overline{FR}$$

然后，根据指令，求解上述逻辑方程。如果运算结果为“1”，表示接触器（继电器）电磁线圈得电，或指示灯亮。运算结果为“0”时，相反，然后，再考察相应的执行元件动作情况。

我们按下正转（鼓风）按钮 $FSBT = 1$ 。

$$\begin{aligned} KMF_0 &= 1 \cdot 1 \cdot [1 + KMF] \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KMR_0 &= 1 \cdot 0 \cdot [0 + KMR] \cdot 0 \cdot 1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$1HL = 0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0$$

$$2HL = (1 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

现 $KMF_0 = 1$ ，正转的接触器线圈得电，常闭触头打开，使 KMR 反转接触器不能得电，防止直接短路，它的常开主触头闭合，使风机正转，它常开辅助触头进行自锁，另一个使运行指示灯亮。

同样道理，我们按下反转（抽风）按钮 $RSBT = 1$ ，可求出： $KMF_0 = 0$ ， $KMR_0 = 1$ ， $1HL = 0$ ， $2HL = 1$ ，这时， KMR 反转接触器线圈得电，风机反转，它的常用触头打开，禁止正转接触线圈得电，防止误操作，造成直接短路。

这种逻辑代数读图法一般用于比较复杂的继电控制线路。只要控制的逻辑代数方程式列写正确，那么各控制元件之间的关系和制约关系就非常清楚，其控制关系不会遗漏。它也可用来验证继电控制线路是否设计合理，是否存在“竞争”、“冒险”等情况。它也可用于进行继电控制线路转化为静止元件逻辑电路和转化为 PC 控制的梯形图。

二、一般故障的检查方法

在船舶电气的线路中，经常发生各种故障，使设备不能正常运行，这时要求能够根据故障现象，分析出故障原因，找出故障点并加以排除，在尽可能短的时间内使设备恢复正常运行。熟练地掌握常见故障的检查方法是电气维修人员的基本技能。

电气线路中，不论是主回路还是二次控制回路所发生的故障可归结为短路、断路和通地三种情况。

1. 线路短路故障的检查

短路故障的现象比较明显，常常表现为短路点流过电流很大，熔断器烧断或保护电器自动动作，有关监视仪表指示失常，系统报警。严重的短路故障会发生线路绝缘烧灼冒烟等现象。

发生短路故障的原因主要有：

由于维护管理不善、操作不当等造成短路。如电气线路的绝缘浸水或严重受潮；电缆经过金属孔或锐利金属边缘时，由于衬垫破损而未及时更换，使绝缘破损；操作时碰坏绝缘保护层；线路中接线柱间过脏，通电时柱间放电；在运行中或维修时金属零件掉落到导线接线端头或导线裸露导体部件上等。

由于设备本身缺陷造成短路，如设备出厂前就存在绝缘不良，局部绝缘损坏等隐患，经长期运行之后发生短路；电机或电器线圈由于绕制不符合要求，绝缘薄弱，设备或线路绝缘老化，材料变质等。

检测线路有短路时，应首先切断电源，查出烧断的熔断器。检测时，用万用表的电阻档测量电路两端点间的电阻，若阻值为零，即为短路，如图 6-3 所示。若被测电路为单回路，可沿着线路对所有接线柱，串联的电器线圈或其他元件逐个检查。

检查时应注意：

(1) 为了使测量准确，要把万用表置于 $R \times 1$ 档进行测量。检测前后分析了解被测线路的正常阻值，以作参考。

(2) 被测线路中若有较大容量的电容时，应在检查前将其断开，以免将电容充电误认为是短路。

(3) 若电路似通非通，可根据情况用兆欧表测量，若有短路，兆欧表指示为零。为进一

步确认,可再用万用表检查。但对于含有各种电子设备的线路不得使用兆欧表检查,以免损坏元件。要使用兆欧表检查时,应把电子设备脱离被测线路。

(4) 若线路为多路并联时,如图 6-4 所示,必须检查短路发生在哪条并联线路中,这时可用“逐个断开法”找出短路的支路。

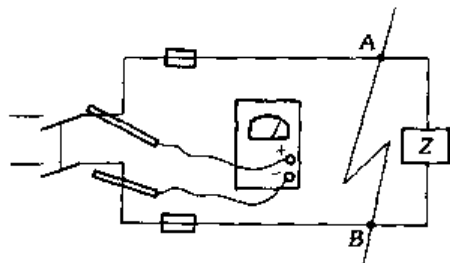


图 6-3 短路故障检查

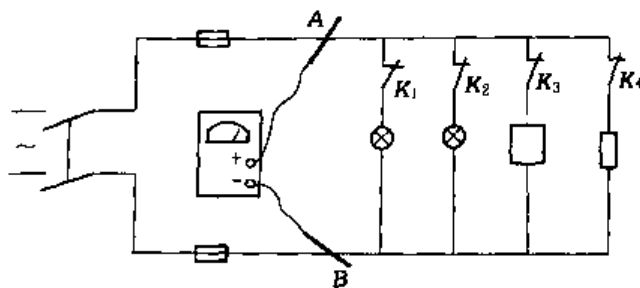


图 6-4 并联线路短路检查

断开线路的电源开关,用万用表的 $R \times 1$ 电阻档测量 AB 两端间的电阻。由于有短路,这时万用表指示电阻为零。然后把各支路的分断开关或接线柱 K_1 、 K_2 ……一个个依次断开。当断开某线路时,万用表指示电阻值增大较显著,则说明刚才断开的线路中有短路故障。这时再单独检测该线路,查出故障点。若有两个并联线路同时有短路故障,断开第一个有短路故障的支路并不会使万用表的指示电阻值有明显改观,因为第二条支路短路点仍然存在。因此可知,发现一个短路点并不是短路故障检查的结束,而必须再把已查明有短路故障以外的所有支路接通,重复上述做法进行检查。如果万用表指示仍为零,表明还有支路有短路,当某个并联线路断开时,万用表指示阻值突然增大,这说明找到第二个短路线路了。用这样的方法可以逐个地把全部短路点找出来。当然,如果有怀疑多支路短路,在检测方便的情况下,可以在断开支路同时测该支路的电阻,若为零,说明该支路也存在短路故障点,就没有必要象上述过程重复检测。

有时会发现线路的自动开关跳开或熔断器烧断,但是检查时未发现该线路有短路故障,重新通电后,线路仍正常运行。出现这种情况可能有两种原因,其一,线路中的短路是非连续短路故障,即短路处是由于油垢或污物堆积而形成放电,当通过大电流时,污物被烧掉,或者有导电物体掉落在用电设备裸露的部分上而引起短路,然后自行脱落,使故障不能持续。所以合上开关或更换熔断件后,线路又正常运行,其二,熔断器的熔件使用时间较长后,由于电源的浪涌电流作用而烧断。因此,在熔断件烧断时,若对设备进行表面检查,没有发现烧焦、异味的情况下,可以换上一个同型号同容量的熔件,看看是否仍然烧断。如果线路正常,说明并无持续短路故障。否则,再仔细检查线路短路故障的部位。

2. 线路断路故障的检查

线路发生断路故障表现为:当电源电压正常,电源开关开、闭良好时,合闸或按下通电按钮后,不能接通电源,线路中的电器、电机等不动作,各种灯具不亮。

发生断路故障的原因如下:

- (1) 线路熔断器的熔断件熔断;
- (2) 导线接头处螺钉松动或螺母脱落;
- (3) 线路接触器触头接触不良;
- (4) 导线中导体断开;
- (5) 某些转换开关损坏或接触不良;

- (6) 线路被外来物碰断;
- (7) 有些线路中的保护电器的触点接触不良或该电器动作后未复位, 使电路成为断路;
- (8) 设备本身有断路故障, 如电机绕组、电器线圈的导线有断路, 某些灯具的灯丝烧断或镇流器线圈断路等等。

检查断路故障的方法:

(1) 带电检查线路断路故障

带电检查断路故障可用万用表的电压档, 但其量程应不低于电源电压。另外也可以用校验灯检查。

检查前应确认电源电压正常, 电源开关没有断路或接触不良的现象。把电源开关闭合, 测量电压正常后, 即可进行检查。

由于线路断路, 电路中没有电流, 在电路中所连接的电阻、电器线圈或电机绕组等都没有电压降, 断路点两端的电压应等于电源电压。因此, 电压表在线路中各元件或接线两端测量时, 若指示值为电源电压的数值, 则表明两试笔之间的线路或元件有断路。如图 6-5 所示。

有些控制线路中, 由于各电器间联锁关系复杂, 当接通电源时, 有些电器因断路不动作, 为了缩小检查范围, 可以在带电和不损坏设备或危及人生安全的前提情况下, 人为地推动某电器的衔铁, 查看断路点是否在电器的触点中。

船上检查熔断器断路常用交叉法, 这时可用校验灯检查。如图 6-6 所示。当校验灯与电源构成闭合回路时, 校验灯亮。这样可根据校验灯与熔断器两端交叉接触时灯的亮灭, 找出断点; 如图 6-6 所示, 两灯左右交叉接触, 若左亮右灭时, 下 FU 为断路, 若左灭右亮时, 上 FU 为断路, 按此原理可以检查其他断点。

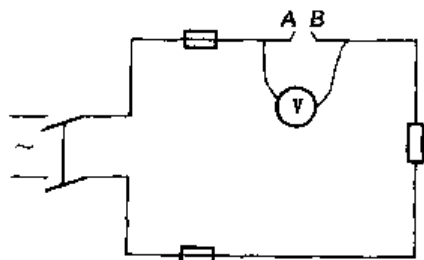


图 6-5 带电检查断路点

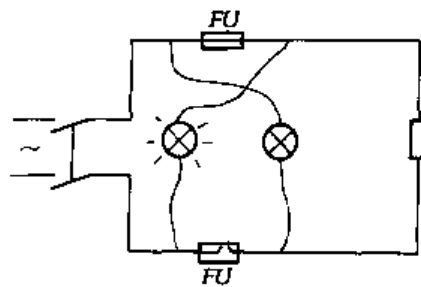


图 6-6 用校验灯检查断点

(2) 不带电检查断路

这时可用万用表的电阻档进行检查, 检查时万用表应选用较大的量程。由于断路处的电阻为无限大, 当万用表两笔沿着线路依次测量元件或接线柱两端的电阻时, 若万用表指示 $R = \infty$, 则两试笔间必须有断路, 如图 6-7 所示。

检查时应注意:

(1) 被检查的电路或电路中的元件不能有并联通路, 否则, 断点处测不到 $R = \infty$; 即应将元件的一个端头脱离电路, 进行测量;

(2) 被测电路中有电器的触点时, 须人为推动衔铁使其闭合, 以免测量错误;

(3) 万用表的量程应置于 $R \times 1k$ 或 $R \times 10k$ 档上, 以避免由于某些元件电阻很大, 判断不准确。使用万用表时, 不能两手同时触及两试笔的金属部分。以免影响测量精度。

3. 线路通地故障的检查

在三相三线制的船舶电网中, 电气线路中一点通地时, 电气设备尚可正常运行, 若再有另一点通地, 就形成多点通地间接短路故障。所以发生一点通地后, 应及时的排除故障, 以提高线路运行的可靠性。

通过配电板上的地气灯可以很容易找到发生通地的线路。然后使该线路脱离电源, 再用“逐段缩小法”找出通地点。如图 6-8 所示。把线路分成两部分, 用兆欧表测出通地线路, 再把通地线路分成两部分, 找出通地部分线路。依此类推, 即可找出通地故障点。

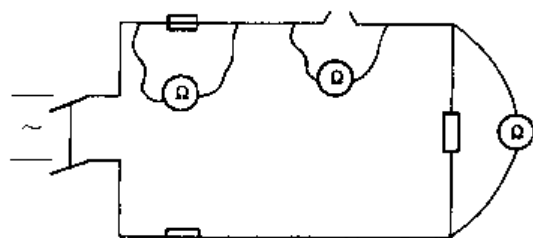


图 6-7 不带电检查断点

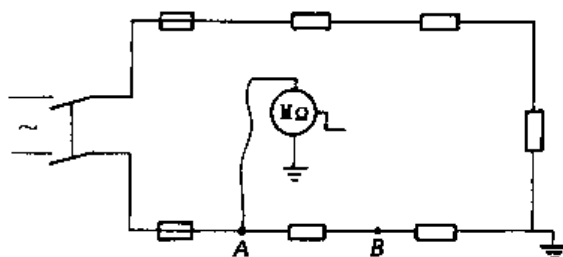


图 6-8 通地检查

也可以直接用配电板上的地气灯来检查寻找故障点。依次断开各线路中的各设备开关或各灯具开关, 若地气灯亮度恢复正常, 则表明刚刚断开的设备有通地故障。

三、控制回路故障检查

这里以交流吊艇机控制线路为例, 简单说明控制回路故障检查方法, 线路原理图如图 6-9 所示。

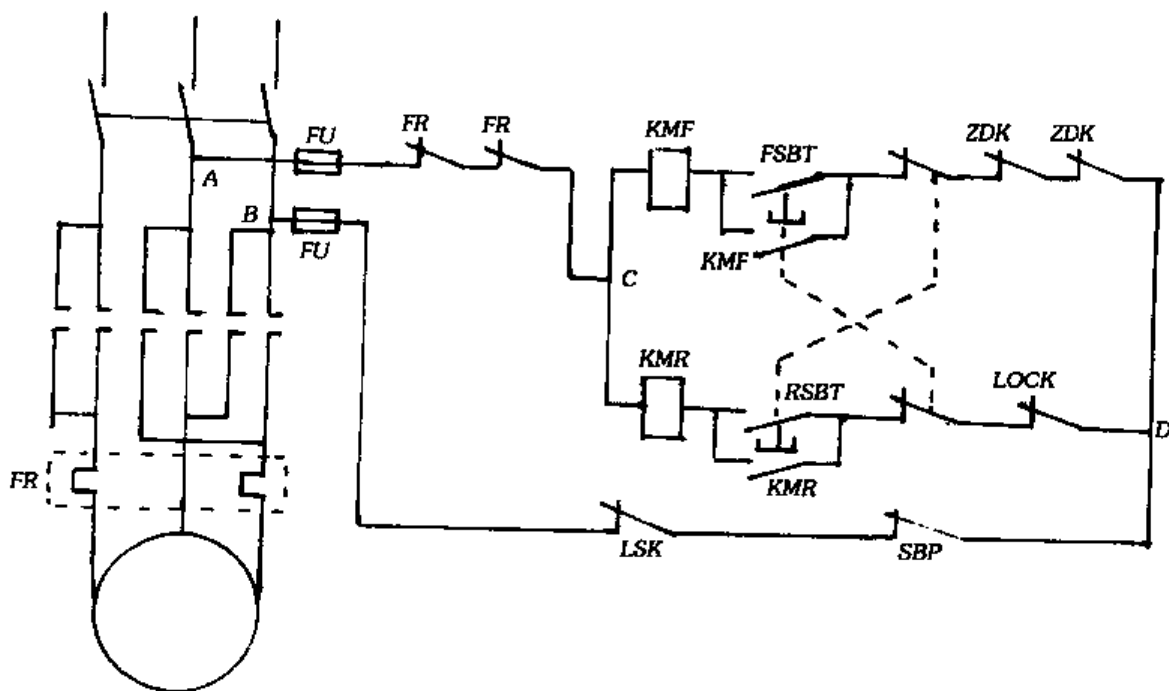


图 6-9 交流吊艇机控制线路原理图

这个控制回路是上升、下降两电路并联的线路, 检查故障时应注意这个特点; 图中回路, 一路从熔断器经 FR 的常闭触点到 C 点, 再经 KMF 线圈和两个串联的限位开关 ZDK 到 D 点, 最后经 SBP 和 LSK 回到电源 B 点; 另一路从熔断器经 KMR 线圈, 下降联锁开关 LOCK 和 LSK 回到电源。

若按上升起动按钮 *FSBT* 时, 电动机不起动。检查电源供电是否正常, 电动机拖动系统是否卡死。若观察到正转接触器 *KMF* 不动作, 可见控制回路有断路故障, 其检查方法:

先用校验灯交叉检查熔断器是否良好, 若两熔断器正常, 则断路故障发生在后面的线路中, 再检查 *FR*、*ZDK*、*LSK* 等触点是否已经复位或接触良好。用校验灯或电压表带电检查时, 应把 *FSBT* 按钮按下并设法固定, 不要自动断开。然后用万用表试笔依次接触各端钮, 如果跨接到 *KMF* 线圈两端时, 万用表指示值为电源电压值, 则说明 *KMF* 线圈内部导线有断路。若 *KMF* 正常, 则试笔接触到哪个端钮使万用表指示值为电源电压值, 断路点就在哪两个端钮之间。找到断路点线路之后。断开电源, 仔细检查两端钮间的线路和元件, 找出准确的断路点。控制线路断路故障发生较多, 常见的有螺钉松动、触点接触不良、线圈或绕组引出线断路等等。

也可断开电源, 不带电检查断路点。这时用万用表欧姆档检查, 方法同前。

控制线路发生短路, 表现为熔断件烧断。这时可先使控制电路脱开电源, 再仔细观察线路中的异常情况。一般短路点有较大的电流流过, 可能有烧灼现象, 检查时先确定短路发生在哪一条并联支路上, 然后再用万用表检查接触器线圈, 同时观察端钮间有无污物或脱落的金属零件。

四、主回路故障检查

一般来说, 主回路线路中只有主触点, 接线螺柱, 各种电器的电流线圈或互感器线圈等, 电路比较简单。检查时, 首先确认电动机绕组没有故障, 然后再检查线路。

如图 6-9, 如果按下起动按钮, 接触器 *KMF* 动作, 但电动机不起动, 若检查得到电源电压正常, 主回路的熔断器或空气开关正常。这时表明可能主回路线路中有断路故障。先切断电源, 再用万用表测量热继电器中串联在主回路的热元件是否断路。如果正常, 可用万用表在电源刀开关处测量哪一相不通。测量时用手推动接触器衔铁, 使主触头闭合。找出断路相后, 再用前述方法找出断路点。

对于直流拖动系统来说, 主回路中电阻和电器元件较多, 有串联也有并联, 接线头也较多。这使检查复杂了一些, 但方法仍同上述。

第二节 单速拖动控制系统的维修

一、单速不可逆拖动控制系统的维修

单速不可逆拖动系统船上一般用于各类泵、空压机、分油机等, 其控制系统比较简单。主要是起动问题, 交流异步电动机的起动大多数采用直接起动。只有对于容量比较大的异步机, 才采用降压起动 (如 *Y—△* 起动, 自耦变压器起动)。所以, 这种控制箱, 也称为起动箱, 它除了接触器外, 仅有少数保护电器和按钮等, 国产船用这种起动箱多用 *QC* 型, 可根据电动机的容量和起动电流来选用。

1. 对起动箱的技术要求:

- ① 起动箱应采用防水式结构, 要有良好的水密性;
- ② 起动箱的各种电气绝缘应能耐油、防潮、防霉和防盐雾;
- ③ 机械机构动作要灵活, 并能在船舶摇摆、振动下正常工作;

- ④符合电气技术要求，有必须的保护环节，如过载保护、短路保护、欠压保护等；
- ⑤操作方便，安全可靠，有必须的状态指示；
- ⑥便于维修和保养。

2. 起动箱的维护

起动箱应定期进行检查，在航行中检查停用设备的起动箱或备用设备的起动箱，停靠码头或锚泊时，可以检查为主机服务的各类泵的起动箱。检查时应切断电源。对远离起动箱的电源开关要挂上修理告示牌，写明“进行检修严禁合闸”等字样，除放置人员外，任何人不得移动告示牌，以保证检修安全。

起动箱的维护与保养内容：

(1) 除锈

起动箱内电器等装置的零件有腐蚀生锈的地方，必须用砂布或刮刀等除锈。刮磨时应尽量除去氧化物，而少磨去金属。对不导电和不受摩擦的零件表面，刮磨之后可涂以凡士林或润滑脂。涂漆零件上防锈层剥落时，可在除锈后涂以防锈漆，禁止在接线柱、摩擦接触的平滑面、螺纹、弹簧等上面涂漆。

(2) 应保持触头接触面贴合良好

所有导电接触面必须洁净光滑，露出金属光泽，便于接触导电，触头的初压力，终压力和超行程都应符合规定。

触头接触面上的氧化物或烧灼的熔化物可用细锉或玻璃砂布擦磨，擦磨时禁止使用金刚砂布。银制触头可用于布或沾少量清洁剂的拭布抹去灰尘和污物，不宜用砂布等擦磨。擦磨时应尽量少磨去金属，磨后应用于布将擦磨面擦拭干净，禁止用任何滑油或其他油漆抹触头，以防接触不良。

擦磨触头时应保持触头原来形状，不可用力过猛使触头等部件变形。

三相触头中如果有一相的主触头与另外两相的主触头有比较大的磨损时，可将该相主触头的动触头桥臂弯曲，以调整触头间隙。修整后应保持三个触点同时接触。当触头磨损烧灼严重而无法修整时，应及时更换同类型的备用触头。

(3) 检查电器的电磁机构、灭弧系统和弹簧

检查电磁机构在吸合和释放时，其行程是否符合要求。吸合时应使触头的接触压力、贴合情况等达到要求。释放时应保证动、静触头间有足够的间隙。衔铁心的接触面应贴合良好，若接触面上有灰尘、油污或铁锈时，应清除干净。使用中的电器的各铁磁性接触面上不得涂抹任何防锈油脂。

灭弧罩应安装牢固，灭弧栅片数不得缺少，若灭弧罩有振裂损坏或灭弧栅烧损严重时，应予及时更换。

弹簧在长期使用后，有可能疲劳断裂或失去弹性，也会随着船舶的振动或由于弹簧本身的弹力而脱落，在维护保养起动箱时，应细心检查，根据情况修理或换新。

(4) 检查各部分机械连接情况

仔细检查有无零件脱落掉入箱内，有无螺母松动，如果发现破损和脱落的零件，应及时配好，检查起动箱内导线连接情况，如有松脱，应按照接线图正确接好并紧固。起动箱内可动部分零件的动作应保持灵活自如。

(5) 定期测量接触器线圈和线路的绝缘电阻

电器线圈的绝缘电阻在冷状态下不得低于 $0.5M\Omega$ 。由于受潮而使绝缘电阻下降的线圈，

应进行烘干。应保持导线的绝缘良好,各接线端钮处应无灰尘和污物堆积。

(6) 保持起动箱的水密性

经常检查出线孔和箱盖的水密封垫,有损坏或变质时,应及时更换。

(7) 保持清洁

定期用电吹风清除箱内灰尘,如有油污应擦干净。不得用纤维丝物擦拭箱内部件,以免纱线落入箱内。

3. 单速不可逆直接起动拖动控制系统的故障检修

在船上,单速不可逆直接起动拖动系统的起动箱基本原理图如图 6-10 所示。常见的故障可分为电机本身故障和控制系统故障两大类,电动机故障按第五章有关章节处理,此处不重复讨论,这里主要讨论控制系统的故障。常见的故障有:不能起动,起动按钮 SBT 复位后电动机即停转;起动后运行、电动机突然停转;起动后起动箱内噪声大;指示灯不工作等。下面分别讨论各种故障的原因和检修方法。

(1) 系统不能起动故障检修

这种故障,我们已经在第一章第二节讨论过了,这里就不重复。

(2) 起动按钮 SBT 复位后电动机停转故障检修

从原理图 6-10 可以看出,造成该故障的唯一原因是并联在按钮 SBT 两端的自保副触头 KM_1 失去作用。所以,只要检查一下 KM_1 触头是否完好,引线是否松脱,触头是否接触良好?

(3) 运行中电动机突停故障检修

首先要检查 FR 是否动作,如果电动机发热、过载、FR 动作是正常的,应减小负载,使 FR 复位,重新起动;如果电动机不发热,没有过载迹象,FR 动作是不正常,需重新调整 FR 的整定值或者 FR 本身损坏,需更换,并重新调节整定值,如果 FR 没有动作,而电动机突停,就得按(1)“系统不能起动”的故障树来进行检查修理。

(4) 起动后,起动箱噪声大的故障检修

起动箱内噪声,是由接触器产生的。应按第四章第一节中,消除接触器噪声大的方法处理。

(5) 指示灯不亮的检修

指示灯的正常显示,给运行管理带来了很大方便,所以,指示灯不亮,应及时修复。根据原理图 6-10 可以看出:指示灯不亮这个事件是由灯泡、灯座、变压器和辅助触头 KM 组成的功能逻辑事件,如图 6-11 所示,只要有其中一个失效,指示灯不亮这个事件必定会发生,是一个串联系统,必须分别检查这四个元件。

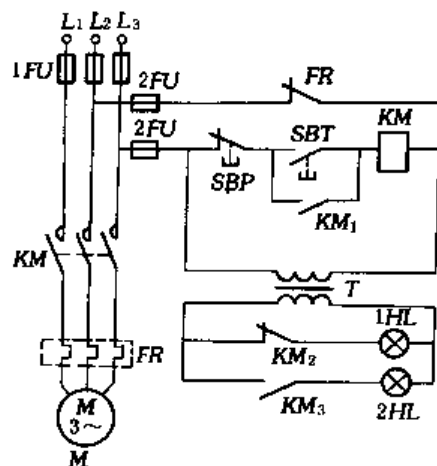


图 6-10 磁力起动器

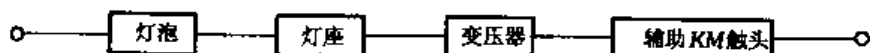


图 6-11 指示灯不亮功能逻辑事件图

4. 单速不可逆降压起动控制系统的常见故障检修

由于较大功率的电动机直接起动,对电网冲击很大,一般采用 Y— Δ 起动方法或自耦变压器降压方法起动,减轻它的起动电流对电网冲击。这里以 Y— Δ 起动器为例,如图 6-12 所示。

Y— Δ 起动器与直接起动区别,在于起动时须把电动机的定子绕组接成“Y”形,当电动机的转速达到稳定时,再将定子绕组改接成正常运行的“ Δ ”形,所以这种起动箱需增设

一套定时改接功能,它是由时间继电器 KT 和接触器 $1KM$ 、 $2KM$ 来完成。这种起动箱除了直接起动的控制箱常见的故障外,还有时间继电器的动作是否准确、可靠,即在起动过程中,改接是否过早,或者是否过迟,甚至不能改接等故障。

(1) 改接过早

改接过早,电动机起动第二次冲击电流过大,也会冲击电网。造成这种故障的原因,除了时间继电器 KT 的延时时间过短外,还有电动机起动困难,起动时间过长。因此,应首先用手转动电动机的转轴,检查电动机的阻力矩是否过大。只有确实证明时间继电器的延时过短时,才能调整时间继电器的延时旋钮,增加延时时间。

(2) 改接过迟

改接过迟,虽然冲击电网小了。但是,延长了电动机的起动时间,电动机处于欠压状态运行,增加电动机的发热,这也是不允许的,必须调整时间继电器延时,减少延时时间。

(3) 不能改换

不能改换,不仅影响电动机带动的机械不能正常工作,而且将导致电动机过热,使热保护继电器动作,若是采用自耦变压器起动,则不能改接,将会造成自耦变压器线圈烧毁。图 6-12 中,用指示灯来显示起动控制是否改接成功,有的线路同时采用指示灯和音响信号。当起动改接成功,电动机转入全压运行时,则指示灯亮,音响信号停止。

不能改接的故障,大多是时间继电器 KT 、接触器 $2KM$ 本身故障,以及它们线圈回路的故障造成,必须重点检查这些线路和元器件。

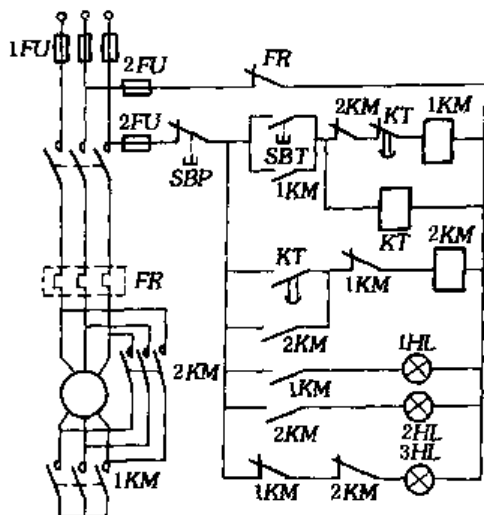


图 6-12 Y— Δ 起动器接线原理图

二、单速可逆拖动系统的维修

在船舶上,一些机械需要电动机正、反转工作,如盘车机、通风机、舷梯升降机、吊艇机、机舱中的行车等,这种单速可逆拖动系统的基本原理如图 6-13 所示。如果用于舷梯升降机、吊艇机和行车尚要加入行程开关,图中未画出。

单速可逆直起动控制箱也称为起动箱,对它的要求和日常维护与单速不可逆的起动箱一样,这里就不重复。只不过这种起动箱增加了可逆、联锁功能。

可逆起动箱的起动故障(电动机不能起动、电动机突然停转、噪声大、不能自保、指示灯不亮等)的检查步骤和方法,都和不可逆起动箱的检查相同,不再赘述。应该指出的是:故障若在

正、反转两种状态都存在,则应检查它们的共同部分,如电源、热继电器、熔断器、停止按钮等。反之,只要检查正转或反转控制系统的有关部分线路和元器件即可。

此外,如果经常直接改变转向,加之对主触头保养不善,常常会造成主触头烧毛、过热、甚至焊死不能断开,在检查时也应加注意。

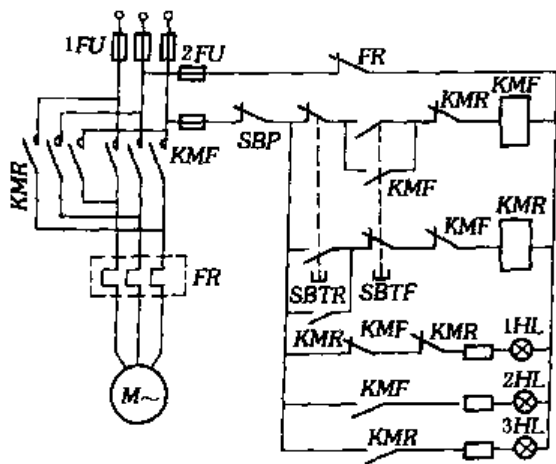


图 6-13 交流单速可逆拖动控制系统原理图

三、起动箱大修后的验收

不管是可逆还是不可逆的起动箱经船厂大修之后或新安装正式使用前，应进行试车前的验收检查。检查项目除了修理单所规定整修项目外，尚需检查下列内容：

1. 外观检查。起动箱壳体及表面油漆质量，应符合要求。各固定螺钉应紧固，接地螺钉应有红色标志。水密情况应符合规定。

2. 箱内电气线路应与原理图和接线图相符合。各电器及零部件应完好无损、安装正确。

3. 箱内可动部分零件用手推动时，应动作灵活，不得有卡阻或过紧现象。各按钮及转换开关等应灵活可靠。三相触头应能同时接触良好。

4. 用 500V 兆欧表测量电气部分对地绝缘电阻应不小于 $2M\Omega$ 。

5. 检查各保护电器的整定值，若电器须在负载下整定，可先投入运行，然后再细致整定。热继电器、过流继电器、时间继电器等的整定值应按技术要求进行检查。若原出厂整定值偏差过大，验收时应重新调整。

起动箱检查合格后，在通电前应检查电动机和负载联接等情况，确认正常后方可通电起动电动机。

四、起动箱的调试

由于目前船舶大多数采用交流电制，所以我们在这里只讨论交流起动箱的调试方法。

1. 正式通电前要做如下检查

检查起动箱是否符合要求，起动箱的型号、容量与配套的电动机应一致。检查起动箱内外应完好无损，无油垢污物。内部接线应与图纸符合。同时检查外部接线，并仔细检查接触器动作是否灵活，若接触器衔铁受阻不能很好吸合，会造成线圈电流过大而烧坏线圈。

用 500V 兆欧表测量起动箱导电部分的绝缘电阻，其阻值不得低于 $2M\Omega$ 。

检查熔断器熔件容量是否符合要求。

检查外接线路的各元器件。应检查外接的各遥控按钮、压力继电器、温度继电器以及行程开关等接线是否正确。

检查机械部分。联轴器应转动灵活，无卡住、过紧或时松时紧的现象。此外还要根据拖动机械的要求，确定各阀门的开启与关闭，以使电动机尽可能在空载或轻载下起动。

2. 调试步骤

电动机的转动方向应符合被拖动机械的要求。如果被拖动机械允许反转，可起动一下，观察其转向是否正确。如果被拖动机械不允许反转，必须脱开联轴器，起动电动机。确认转向正确后，再装好联轴器。

起动电动机，观察起动过程。若是降压起动应能准确切换，应能按技术要求起动；用钳形电流表检测起动电流，注意其量程应在额定电流的七倍以上。当起动后，用钳形表检测三相电流是否平衡。

起动时应检查接触器有无噪声。若噪声很大，应检查铁心贴合面是否清洁，短路环是否断裂和脱落。

负载实验。使电动机带上额定负载进行起动，观察起动过程，测量额定负载下的电动机的电流，以及运行情况，在必要时，进行保护电器的整定值的调整，并做好记录。

观察运行情况。一切正常后，记下冷态绝缘电阻值。额定运行 2h 后，测量起动箱的热

态绝缘电阻，记录各数据。同时检查起动箱中各电器线圈发热情况，各触头闭合情况。

第三节 泵的自动控制系统维修

船舶上使用的多种用途的泵，根据其服务的对象不同可分为两大类：一类是服务于船舶动力装置的泵，如循环水泵、冷却水泵、燃油泵等；一类是服务于船舶系统的泵，如消防泵、压载泵、舱底泵、卫生泵、淡水泵、通用泵等。由于服务对象的不同、船舶自动化程度的不同，因而对不同的泵有不同的自动控制系统。我们以两个例子来说明对泵的自动控制系统的技术要求、日常维护、常见故障的分析以及该系统的调试方法。

一、泵的自动控制系统的技术要求

由于船舶自动化程度的不同，对泵的自动控制系统的技术要求也不同。一般除了像起动箱的常规要求以外，还需有如下要求：

1. 在集中控制室内对各组泵能够进行遥控起动和停止。
2. 自动控制时，同组泵能够进行自动切换。
3. 在电网失电后恢复供电时，各组泵能够依据主次按顺序逐台重新自动起动。
4. 泵能够就地控制。
5. 泵自动控制系统应设置报警。

二、泵的自动控制系统的日常维护

泵的自动控制系统的日常维护内容除与起动箱要求维护内容一样外。还应在日常维护中增加如下内容：

1. 开航前应检查自动切换操作是否正常？是否能够进行遥控（如果设有遥控功能的话）；
2. 要定期检查时间继电器、压力继电器的整定值；
3. 同组两台泵运行时间应基本相同；
4. 经常检查各零件有无松动或脱落现象。

三、泵的自动控制系统的常见故障检修

由于泵的服务对象不同，船舶自动化程度不同，因而有不同的自动控制系统。所以，不同系统就有不同的故障。我们以最具有代表性的为主机服务的泵为例，来说明该系统故障检修方法。

例一 某轮的燃油泵自动控制系统

图 6-14 是某轮的燃油泵自动控制系统原理图，由图可见，本控制系统具有：遥控起动和停止；自动起动和自动切换；顺序起动和报警功能。为了分析故障方便起见，首先介绍图中的有关元器件的符号和功能以及系统工作原理：

WH——遥控、自动控制切换开关；

KK——运行、备用选择开关；

YLJ——压力继电器；

J_{10} 、 J_{20} ——1、2 号泵控制继电器；(J_0)

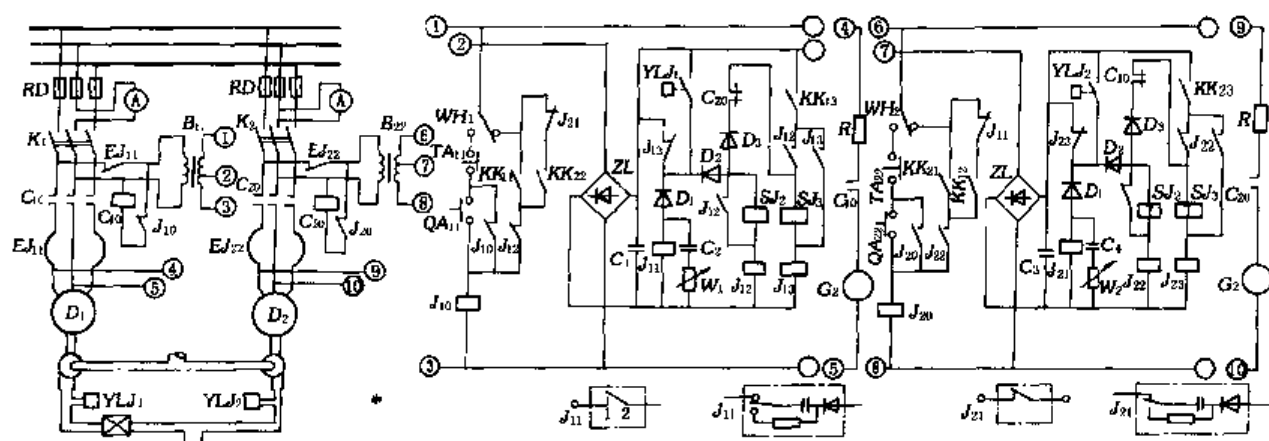


图 6-14 泵的自动控制系统

J_{11} 、 J_{21} ——1、2号泵报警、切换继电器； (J_1)

J_{12} 、 J_{22} ——1、2号泵自动起动继电器； (J_2)

J_{13} 、 J_{23} ——1、2号泵延时压力投入监视继电器； (J_3)

SJ_2 ——顺序延时自动起动时间继电器；

SJ_3 ——延时压力监视投入时间继电器。

其工作原理：

1. 手动操作：把 WH_1 和 WH_2 转换开关打到 1 的位置，这时两台泵处于手动操作状态，按下 QA ，就能起动对应的机组，以 1 号（左边的）为例。

按下 $QA_{11} \uparrow \rightarrow J_{10} \uparrow \rightarrow C_{10} \rightarrow M_1$ 起动、运行。

$\downarrow \rightarrow J_{10}$ 自保

停车：按下 $TA_{11} \downarrow \rightarrow J_{10} \downarrow \rightarrow C_{10} \downarrow \rightarrow M$ 停转。

2. 自动投入运行：把 WH_1 和 WH_2 打到 2 位置，并以 1 号机组为运行机组，以 2 号为备用机组。即 KK_{11} 和 KK_{12} 转换， KK_{13} 开关合上。当电网一上电， K_1 和 K_2 合上时，自动投入延时时间继电器 SJ_2 就开始延时，延时时间到， SJ_2 的执行电路导通，使得 J_{12} 有电，它的常开触头，短接了 SJ_2 ，防止 SJ_2 的跳动，其次使 J_{10} 有电，使 C_{10} 有电，使 1 号电动机运行。另一个常开触头闭合，使得 SJ_3 有电，使 SJ_3 延时，延时时间到， SJ_3 执行电路导通，使 J_{13} 有电，它的常开触头闭合，作为自保，它的常闭触头打开，使得压力继电器 YLJ_1 投入监视。

3. 自动切换：由于种种原因，1 号机组泵打不上压力时， YLJ_1 因失压，继电器触点断开，使得 J_{11} 失电，它的常闭触点闭合，使得 J_{20} 得电，它的常开触头闭合，使得 C_{20} 得电，使 2 号机组投入运行，同时， J_{11} 的常闭触点闭合，也接通报警回路，进行报警。

下面我们分析常见故障检修：

1. 自动起动失效故障检修

我们假定线路导线连接完好，无短路、断路情况，从主电源、电动机、控制系统元器件三个方面来分析。

主电源故障造成不能起的原因是： RD 熔断， K 没有合上；线路没有供电；

电动机本身故障不能起动，其原因请参见第五章有关内容，这里不再赘述。

这里主要分析控制系统元器件失效造成不能自动起动的原因。从控制原理图可见，除了

主电源、电动机本身故障外， C 没有动作也使泵不能自动起动，所以， C 没有动作的原因是： C 本身故障和 J_0 没有动作，而造成 J_0 没有动作闭合的原因有： J_0 本身故障； WH 切换开关没有合到自动起动位置， KK 运行、备用选择开关没有合上； J_2 没有动作，触头没有闭合。而 J_2 触头没有闭合的原因有： J_2 本身故障； J_2 线圈回路开路；控制系统的控制电源故障，依此演绎下去就可以得出如下故障树：如图 6-15 所示。

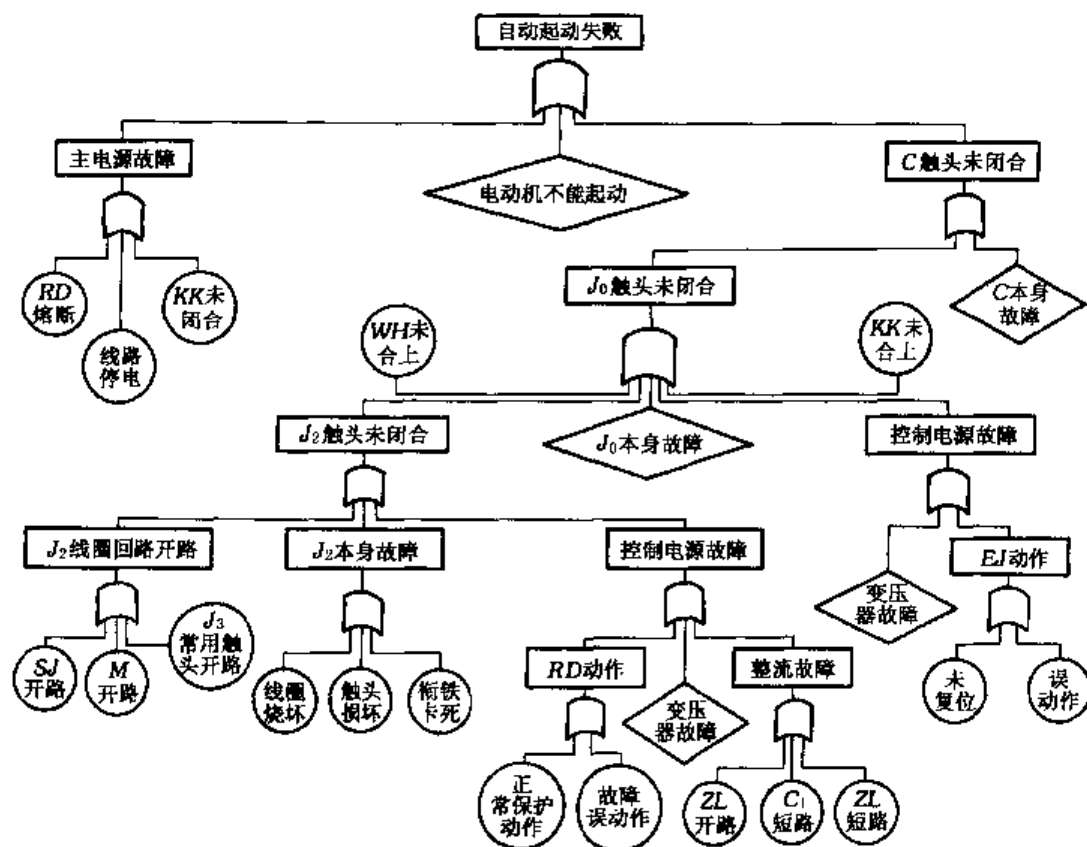


图 6-15 “自动起动失效”故障树

从故障树可知，造成不能自动起动的原因很多，如何检查呢？我们仍然遵循由易到难，由表及里的原则，首先检查 WH 、 KK 位置是否正确，正确时，把 WH 改为手控起动，若手控正常，说明了主电源、主接触器 C 、控制电源变压器 B 、控制继电器 J_0 、热继电器 EJ 都是正常。这时只要检查 ZL 是否有直流电压输出，若没有直流电压输出，应检查 ZL 中的二极管 VD 是否短路（或开路）、 C_1 是否短路，若有直流电压输出，应检查 J_2 本身和 J_2 线圈回路有关元件是否存在开路故障。如果手动控制不正常，这时应检查控制电源变压器和控制继电器 J_0 是否正常：电源回路，热继电器 EJ 、接触器 C 是否有故障，或者电动机本身有故障不能起动，必须对上述的有关元器件和电动机检查。检查的方法与起动箱“不能起动故障”一样，这里不赘述，查到故障之后，对于损坏的元器件，就应酌情修理，或者更换新配件。

2. 不能自动切换故障检修

从控制系统来看，自动切换是靠运行泵的 J_1 失电后，它的常闭触头闭合来控制备用泵的自动起动投入运行的。所以，不能自动切换故障原因除了备用泵不能自动起动故障原因外，还需增加 J_1 常闭触头在失电情况下不能闭合的原因，故可得如下故障树，如图 6-16 所示。从故障树可见，检查的方法与“不能自动起动”故障检查一样，除了检查 1 中相同元器件外，还应检查运行泵控制系统中的 J_1 和它的常闭触头是否有故障，或者当不能自动切换时，首先把备用组的 KK 转到运行位置，这时泵能自动起动，说明运行组的 J_1 有故障，应

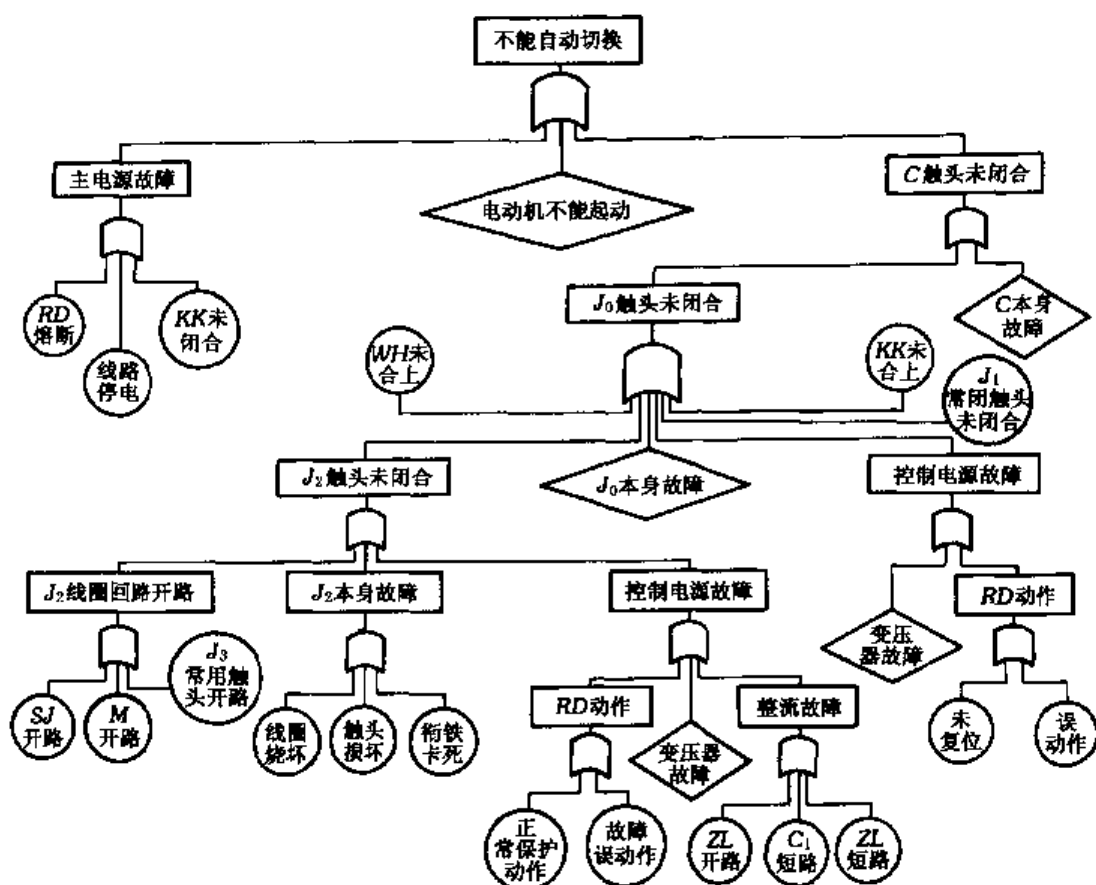


图 6-16 “不能自动切换”故障树

检查 J_1 ；如果这时泵不能自动启动，就应按 1 的不能自动启动故障来检查。

3. 不能按顺序自动启动故障检修

由于顺序启动是由延时继电器 SJ_2 或 SJ_3 控制的。当电网有电之后，按主次顺序整定延时启动投入运行，所以，应首先检查 SJ_2 是否正确无误动作，确认 SJ_2 正常，就应按 1 不能自动启动故障来检查，这里不再赘述。

除了以上故障外，还有压力继电器失灵、不能报警等故障，可以用同样的方法来分析找到故障点，排除故障。

例二 某轮泵的自动切换控制系统

某轮泵的自动切换控制系统线路原理图，如图 6-17 所示。图中元器件的符号和功能：

$b1$ ——手动、自动切换控制开关，打在“0”位置，为手动切换操作，不能自动切换；打在“1”位置，1号机组为运行机组，2号机组为备用机组；打在“2”位置，2号机组为运行机组，1号机组为备用机组；

$d1$ ——为自动切换继电器；

$d2$ ——时间继电器，用于延时压力监视投入；

$d3$ ——时间继电器，用于压力波动延时自动切换，防止频繁误动作；

$b2$ ——压力继电器；

1C1、2C1——主接触器；

其工作原理：

1. 手动操作：把 $b1$ 打在“0”位置，如启动 1 号机组，按下 $1b2$ 使 $1d1$ 得电，一个常开触头闭合，成为自保，另一个常开触头闭合，使 1C1 主接触器得电，主触头闭合，使 1 号机组

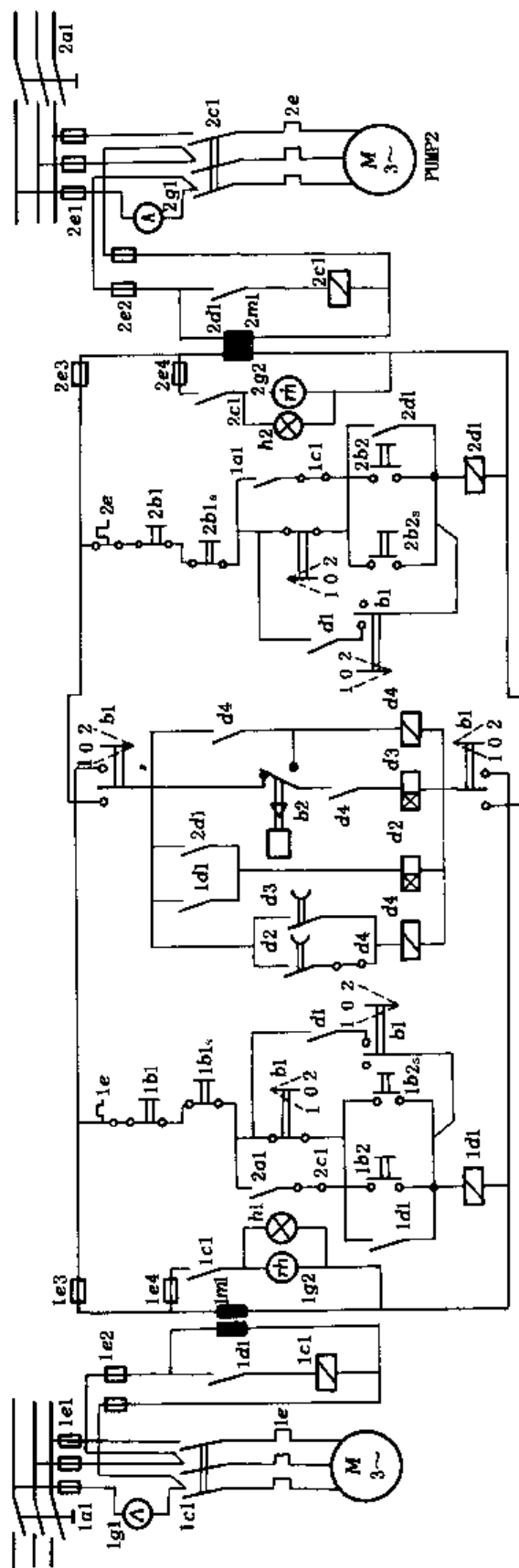


图 6-17 泵 的自动切换控制线路

电动机运行。主接触器的辅助常开触头闭合,使计时器投入计时,并且运行指示灯 $h1$ 亮。

2. 自动切换操作: 若把 $b1$ 打在“1”位置, 即选择 1 号机组为运行机组, 2 号为备用机组, 当 1 号机组发生故障时, 能自动切换到 2 号机组工作。按下 $1b2$ 使得 $1d1$ 有电, 一个 $1d1$ 的常开触头闭合使得 $1C1$ 有电, 主接触器动作, 使 1 机组的电动机运转, 另一个 $1d1$ 的常开触头闭合, 使得 $d2$ 时间继电器有电, 开始起动延时, 在这延时时间内, 机组运行正常, 使泵输出端建立压力, 使压力继电器 $b2$ 动作, 使得 $d4$ 中间继电器有电, 一个触头自保, 另一个在 $d1$ 回路中的常闭触点打开, 防止起动延时到时引起误切换。当起动延时时间到时, $d2$ 的常开触头闭合, 但此时 $d4$ 已打开, 不会使 $d1$ 得电。如果在起动延时时间内, 没有建立压力, 压力继电器 $b2$ 就不动, 就无法使中间继电器 $d4$ 得电, 它的常闭触点就没有打开, 只要起动延时时间到了, $d2$ 常开触头闭合(说明 1 号机组起动过程中有故障), 就会使 $d1$ 得电, 自动切换到 2 号机组, 即 $d1$ 得电, 它的常开触头闭合, 使得 $2d1$ 有电, 接通 $2C1$, 主接触器闭合, 使 2 号机组投入运行。同时, $2C1$ 的常闭辅助触头打开, 使得 $1d1$ 失电, $1d1$ 的常开触头打开, 使得 $1C1$ 失电, $1C1$ 常闭辅助触头闭合, 提供 $2d1$ 的自保回路。

如果运行一段时间后, 1 号机组发生故障, 压力变低了, 压力继电器回到初始状态, 使 $d3$ 时间继电器得电, 在这延时时间内, 如果压力恢复了, 压力继电器就动作, 使 $d3$ 不再有电, 不能动作。如果在这延时时间内, 压力不能恢复, 延时时间一到, $d3$ 的常开触点闭合, 使 $d1$ 有电, 进行自动切换动作。如果把 $b1$ 打在“2”位置, 其自动切换同上, 这里不赘述。

常见的故障检修:

1. 手动操作时, 机组不能起动运行

我们采用故障树来分析: 假定线路没有断线, 接触良好, 以 1 号机组为例, 我们可做出不能起动运行的故障树, 如图 6-18。检修方法: 首先按下起动按钮 $1b2$, 看 $1C1$ 是否动作,

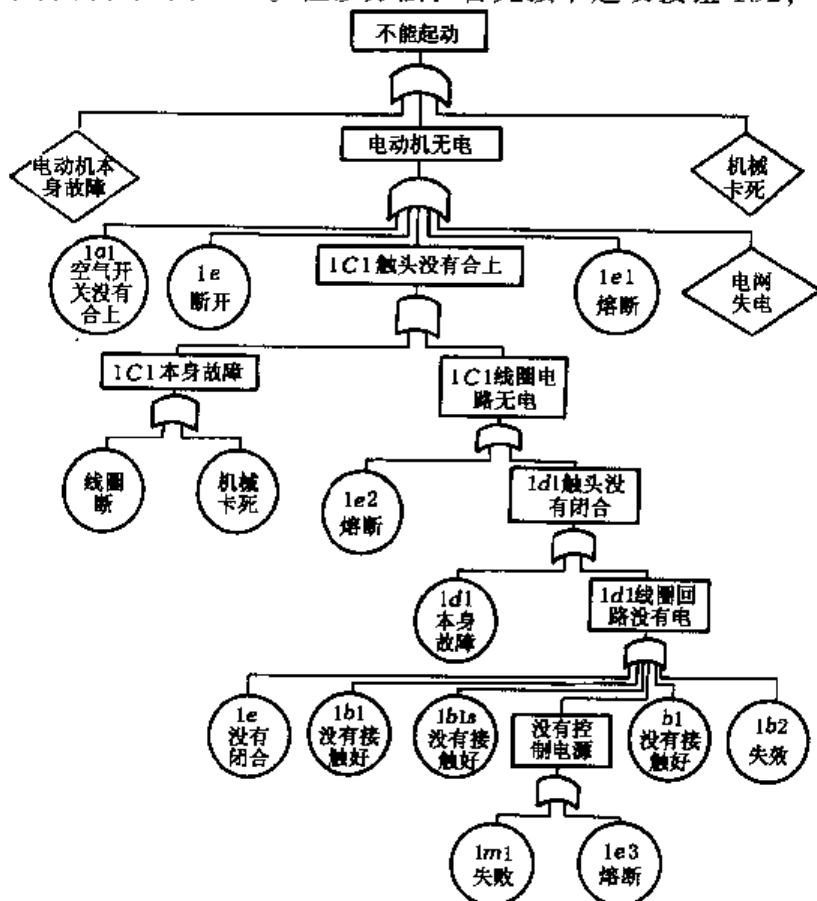


图 6-18 “不能起动运行”故障树

如果动作，说明 1C1 触头没有闭合的子树的故障原因都不存在，若此时，听到电机有嗡嗡声，说明电源缺相或泵有机械卡死，使得电机无法转动，此时，应立即按下停止按钮，防止长时间堵转而烧毁电动机。若没有声音，应着重检查主电路中的各元件，如 1C1 的主触头是否完全闭合，电动机本身存在不能起动的故障。热继电器 1e 是否有断片。如果 1C1 没有动作，就得看 1d1 是否动作，若 1d1 动作，说明 1C1 本身故障，或 1d1 的触头没有闭合好；若 1d1 不动作，就得检查是否有控制电源，1d1 线圈回路中的各元件是否完好等，依次给予检查。

2. 不能自动切换运行

我们可以分析：不能自动切换运行故障，除了备用机组不能起动运行的故障原因外，还有自动切换控制环节失效的故障原因。因此，我们可作出“不能自动切换运行”故障树，如图 6-19 所示（以 1 号机组为运行机组，2 号机组为备用机组为例）。发生这种故障的检查方法：首先判别是备用机组本身故障，还是自动切换环节失效。此时，按下 1 号机组的停止按钮，把 b1 打到“2”位置，然后按下 2 号机组的起动按钮 2b2，若 2 号机组不能起动运行，

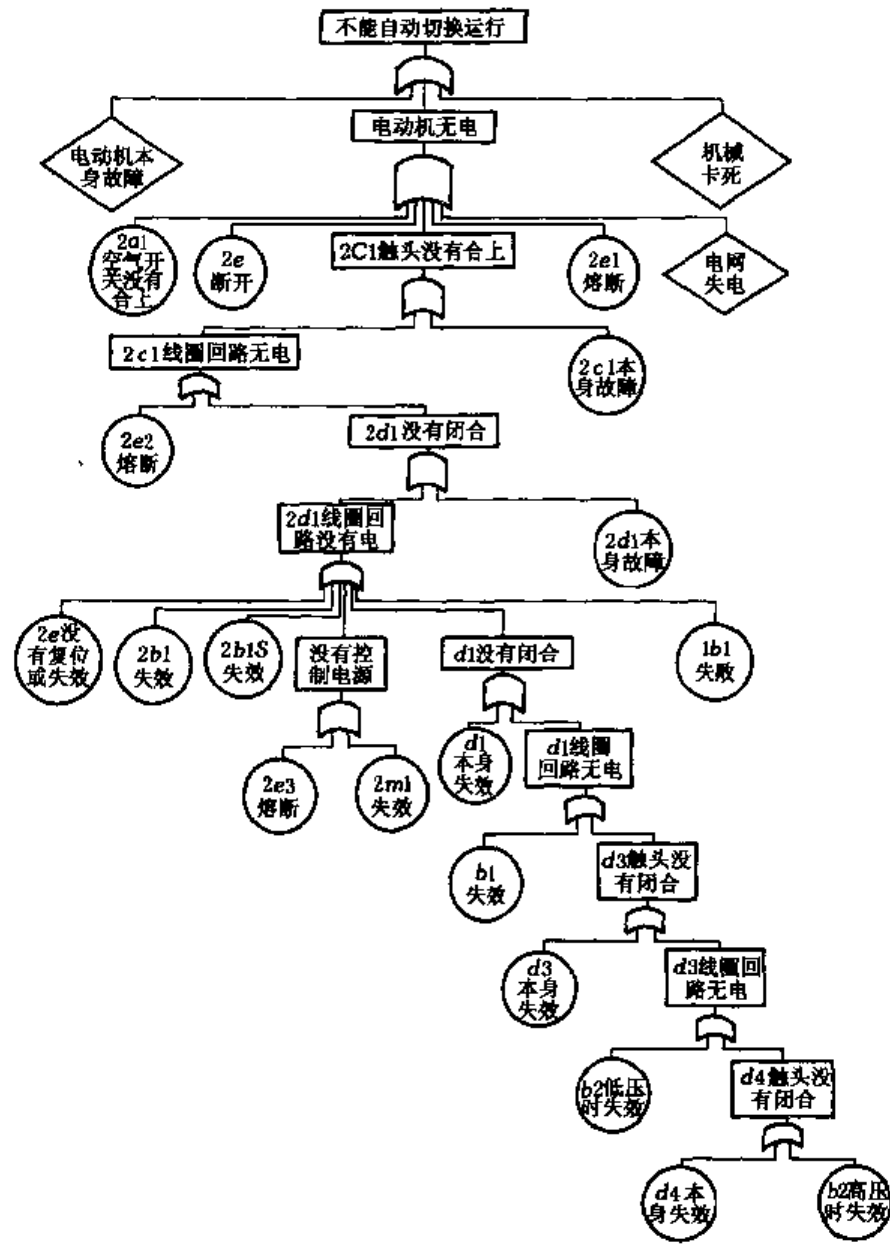


图 6-19 “不能自动切换运行”故障树

说明存在 1 的故障原因,按 1 的故障检查方法来检修。若能正常起动运行,说明自动切换环节存在故障,即 $d1$ 没有闭合的子树故障原因存在,这时应重点检查 $d1$ 和 $d4$ 中间继电器、时间继电器 $d3$ 和压力继电器 $b2$ 以及运行方式选择开关 $b1$ 。

第四节 船舶分油机电气系统维修

分油机是内燃机船舶的重要设备,只有把供油商供给的柴油、重油进行分油净化处理后,才能使其充分燃烧,保持燃烧室内清洁及供油系统的畅通。对于主机滑油也要进行分油净化处理,因为,滑油在主机内使用一段时间后变脏,就得进行分油净化处理,才能保证主机运动部件良好润滑。在分油净化处理过程中,首先经过粗滤,在沉淀柜中沉淀,然后,再泵入加热器进行加热(重油),使其粘度下降达到分油要求,进入分油机。分油机利用油、水、杂质受分离器高速旋转的离心力不同,把油、水、杂质分离出来。把水、杂质排出(排渣),净化后的油料被引入日用柜,供给日常使用。

一、自动排渣分油机电气控制系统的技术要求

早期的分油机是人工排渣、清洗分油机。给轮机管理人员增加很大的工作量,在 70 年代,对分油机本身进行改进,加装一个活动底盘、配水盘、密封环、滑动环及复位弹簧等部件,用时序控制器模拟人工排渣操作过程,延长了清洗分油机时间间隔,减轻了管理人员的负担。因此,自动排渣分油机电气控制系统的技术要求:

1. 应具有分油——排渣的功能;控制系统本身工作应可靠、准确。或者边分油、边排渣。
2. 具有自动控制油温环节,使待分油保持恒定的温度,保证净化质量。
3. 具有自动置换和补偿工作水功能。
4. 应具有手动、自动切换操作功能。
5. 具有比较完善的监控功能。对于不同故障,本身具有自诊功能(对于微机控制),在控制面板上能够显示出故障原因或故障点。
6. 发生故障或跑油时应能给出声光报警。

二、自动排渣分油机的电气控制系统日常维护

目前自动排渣分油机电气控制系统有两种类型,一种是继电控制的时序控制器,另一种是单片微机控制的,对于不同类型日常维护的内容也不一样。对于继电控制时序控制器的自动排渣分油机电气控制系统的日常维护内容有:

1. 对于时序控制器的减速机构,应定期加滑油,对于活动部件保持灵活,不能有卡阻现象。
2. 对于微动开关,应保持清洁,接触良好,引出线应接触良好,不能有断线或断股,保证良好的绝缘。
3. 对于长延时的钟表式时间继电器,应定时加钟表滑油,确保定时准确。
4. 应经常检查各个电磁阀线圈是否完好,阀芯是否灵活。
5. 对于电动机的控制箱按起动箱要求来维护、保养。

对于单片机控制的自动排渣分油机的维护内容应着重在于外围设备和传感器,主要有:

1. 定期检查各压力继电器，动作是否可靠；检查各温度继电器动作是否可靠；
2. 定期检查各个引接线是否接触良好，保持各传感器清洁，防止油、水进入传感器内部；
3. 定期检查各个开关量电器动作是否可靠；
4. 电磁阀、电动机起动箱的维护与时序继电控制系统相同。

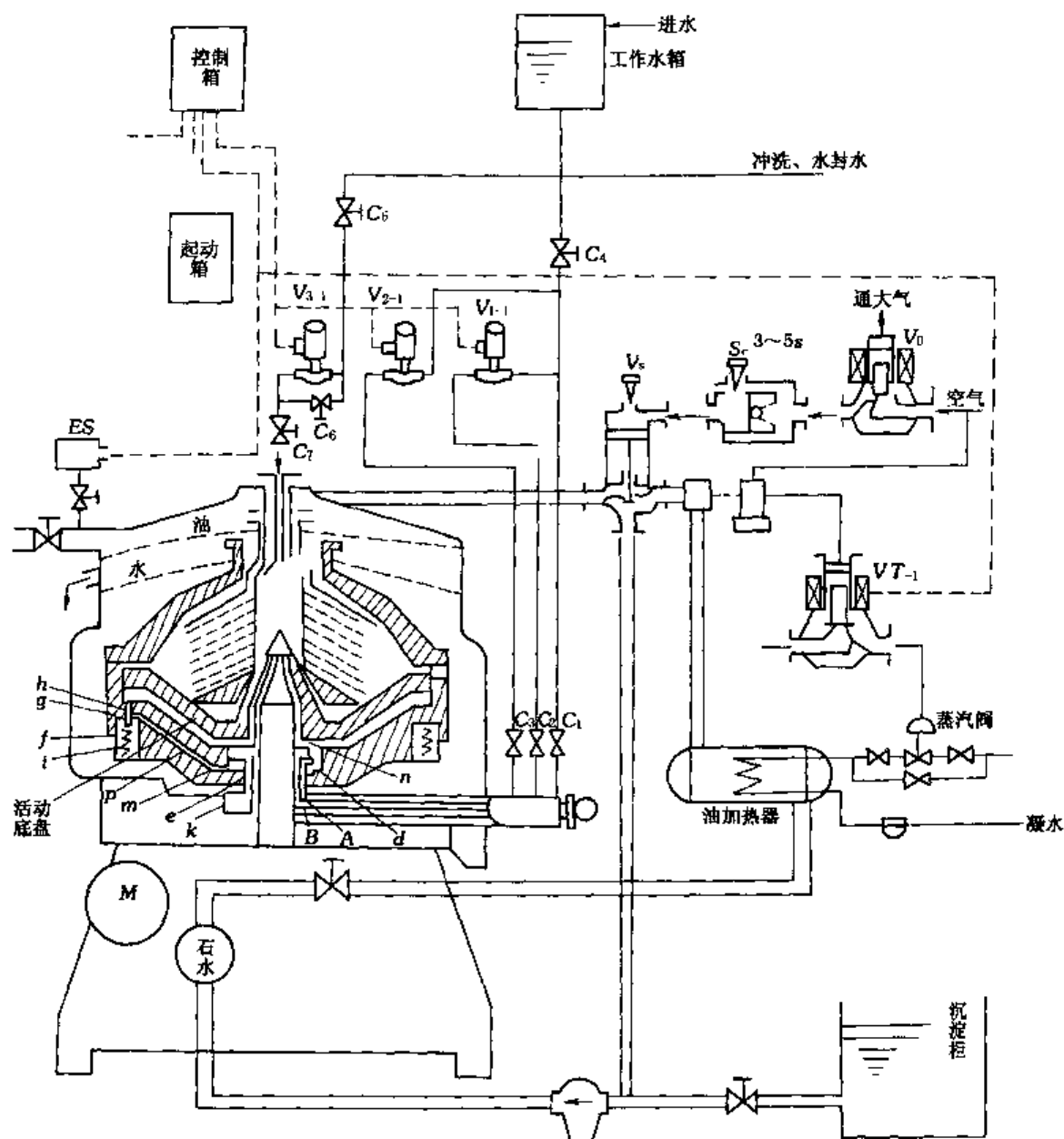
三、自动排渣分油机电气控制系统常见故障检修

例一 LAVAL 型自动排渣分油机电气控制系统

LAVAL 型分油机，它具有手动排渣操作（通过切换控制阀来实现）和时序控制的自动排渣操作，它的组成如图 6-20 所示。其工作过程里不重述，请参阅《轮机自动化》有关书籍。它的时序控制器的电路及时序表如图 6-21 所示。时序控制器的工作过程如下：

合上时序控制器的工作电源开关 DS ，电源指示灯 LS 亮，把手动/自动排渣选择开关 $SS-1$ 打在自动位置上，此时，就使得自动排渣切换继电器 $R6$ 有电，其常开触点 $R6$ (13, 15, 17, 18, 20, 21) 闭合。为 V_0 , V_{1-1} , V_{2-1} , V_{3-1} , VT_1 电磁阀通电作准备，接通报警继电器 $R3$ 回路。分油机停止时，时序控制器凸轮轴必定在图 6-21 时序闭合表 60s 位置。可见，在 60s 位置时，凸轮轴上的触点 K_4 , K_5 , K_6 , K_7 , K_8 和 K_9 均断开。它们的作用是： K_4 断开，使电磁阀 V_0 断电，切断分油机进油，使待分油在外面打循环；它也使联锁控制继电器 $X-1$ 失电，其常闭触点 $X-1$ (15) 闭合，从而使 VT 得电，切除温度调节器对蒸汽调节阀的控制，使其控制空气通大气，蒸汽阀全开，加快油的加温， K_5 , K_6 断开，使 V_{1-1} 失电，切断外管进水； K_7 断开，使 V_{2-1} 失电，切断内管进水； K_8 , K_9 断开，使 V_{3-1} 失电，切断冲洗水和水封水。可见凸轮轴在 60s 位置时，分油机处于放水 2 工况（相当于手动控制时，控制阀在“2”位），活动底盘下落，排渣口打开；滑动环复位。分油机时序控制是从 60s 位置开始的。

按下时序控制器的起动按钮 $PB1$ ，继电器 R_1 得电，其常开触点 R_1 (6) 闭合，继电器 R_1 自保；常闭触点 R_1 (10) 断开，切除 K_3 对时序凸轮电机 CM 的控制；常开触点 R_1 (9) 闭合，此时，由于 K_2 闭合，一方面排渣指示灯 LD 亮，另一方面凸轮轴电机 CM 带动凸轮轴从 60s 位置开始转动。当凸轮轴转到 65s 位置时， K_6 , K_7 同时闭合，电磁阀 V_{1-1} , V_{2-1} 得电，外管、内管同时进水，并经配水盘的 e 孔、 d 孔及 n 孔进入活动底盘下面空间，当水而移至 d 孔附近时，由于水的高速旋转所产生的动压头把活动底盘托起，封闭排渣孔，这是密封工况（相当于手动控制时，控制阀在“3”位置），从开关时间表可以看出，内、外管同时进水时间很短，只有 5s。到了 70s 位置时， K_6 断开，停止外管进水，保持内管进水，用以补偿活动底盘下面空间的工作水，这是正常分油工况（相当于手动控制时，控制阀转到“4”位置）。从 70s 到 95s 的这段时间是让活动底盘可靠地封住排渣口，等待正常分油。当到了 95s 位置时， K_9 闭合，电磁阀 V_{3-1} 得电，使水封水进入分油机进行水封，当转到 120s 位置时， K_9 断开，切断水封水。当转到 125s 位置时， K_4 闭合，进油阀 V_0 和控制联锁继电器 $X-1$ 得电。 V_0 阀打开，使待分油慢慢进入分油机开始进行分油，经过 3~5s 后大量待分油进入分油机进行分油。同时，常闭触点 $X-1$ (15) 打开使 $VT-1$ 失电，使温度调节器控制 $VT-1$ 阀开度，改变控制空气压力。即可调节蒸汽阀开度，从而对油温进行自动控制。从 125s 到 175s 这 50s 时间内，用于建立分油机净油出口油压，到了 175s 位置时，净油压力达到 0.12MPa， K_1 闭合， ES 压力开关投入监视，当净油压正常时， ES 断



V₀-供电油控制电磁阀

S_C-单向节流止回阀

V₅-供油走向的气控阀

V₁₋₁-外管路电磁阀

V₂₋₁-内管路电磁阀

f-温度传感器

V₃₋₁-冲洗水封水电磁阀

VT-1-电控、气控阀，当通电时，阀全开，使得蒸汽阀全开，当断电时，温度调节器 T 送来的气压打开阀，全度随气压信号变化而变化

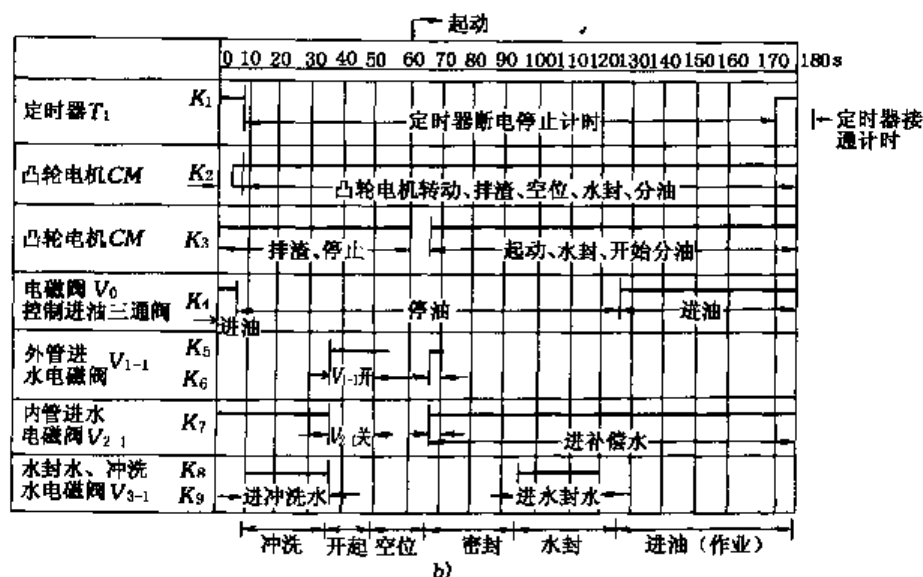
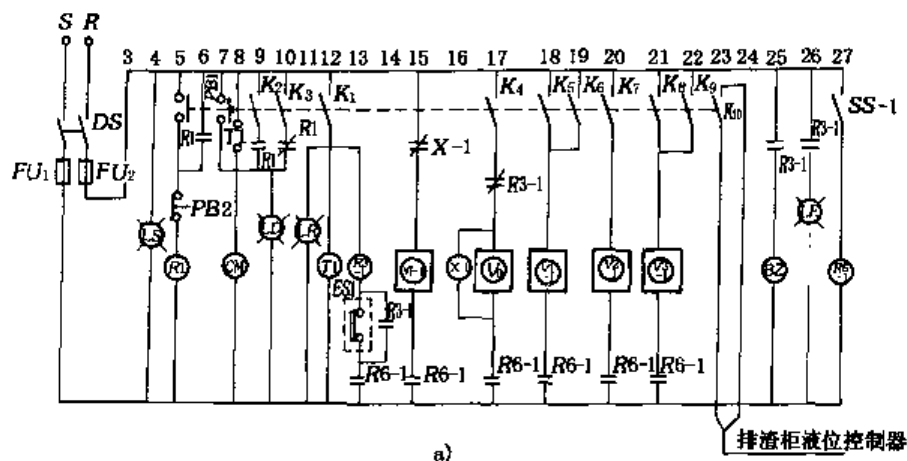
T-气动温度调节器

E_S-压力开关

图 6-20 LAVAL 型自动排渣分油机自动控制系统组成

开，R₃ 不能得电，R₃ (17) 常闭保持，V₀ 和 X 保持，分油机正常分油，与此同时，LR 分油指示灯亮，定时器 T₁ 得电，开始计时。当凸轮轴转到 180° (零秒) 位置时，K₂ 断开，由于定时器的定时时间未到，T₁ (8) 未闭合，使得排渣指示灯 LD 灭；凸轮轴驱动电机 CM 失电，停止转动，凸轮轴自动停止在 180° 位置上，各个微动开 K₁ ~ K₁₀ 保持不变，分油机正常分油。

若自动排渣定为每两小时一次，那么，定时器计到两小时后，T₁ (8) 触头闭合，排渣指示灯亮，同时凸轮轴电机 CM 得电，自动从 180° (零秒) 位置开始转动，进入排渣程序。



a) 自动排渣分油机时序控制电路; b) 凸轮时序控制器, 开关接通、断开时间表

图 6-21 时序控制器的电路及时序闭合表

- | | |
|------------------|------------------------|
| PB1-凸轮轴驱动电机的起动按钮 | R6-自动排渣切换继电器 |
| PB2-凸轮轴驱动电机的停止按钮 | SS-手动/自动排渣选择开关 |
| LS-电源指示灯 (白色) | X-油加热联锁控制继电器 |
| K 1~10-凸轮轴微机开关 | VE-1-温度控制调节阀线圈 |
| CM-凸轮轴驱动电机 | V0-供油控制电磁阀线圈 |
| T1-定时器 | R1-凸轮轴驱动电机“起动、停止”控制继电器 |
| R3-故障报警控制继电器 | BZ-报警蜂鸣器 |
| LE-故障报警指示灯 (红色) | V1-1-外管路电磁阀线圈 |
| LD-排渣指示灯 (红色) | V2-1-内管路电磁阀线圈 |
| LR-分油指示灯 (红色) | V3-1-冲洗、水封水电磁阀线圈 |

当 CM 转到 4s 位置时, K_2 闭合, 为 T_1 (8) 复位后, 保证 CM 继续得电, 转动到 5s 位置时, K_1 断开, 定时器 T_1 复位, 压力开关 ES 切除监视。同时, K_4 也断开, 使 V_0 失电, 切断待分油进入分油机, $X-1$ 失电, 它的常闭 $X-1$ (15) 闭合, V_{T-1} 有电, 加速待分油加热。

当凸轮轴转到 10s 位置时, K_8 闭合, 电磁阀 V_{3-1} 得电, 打开冲洗水进入分油机把分油机中大部分剩油排出分油机, 以免在排渣时浪费这部分油, 同时, 这部分水也用于冲洗分油机, 到了 35s 位置时, K_8 , K_9 断开, 电磁阀 V_{3-1} 失电关闭, 停止冲洗水进入分油机, 同时, K_5 , K_6 闭合, 使 V_{1-1} 得电打开, 外管进水, 而 K_7 断开, V_{2-1} 失电关闭, 内管断水。

这样，配水盘中水面要内移，并经 n 孔送至 P 室把滑动环 f 压下，打开垂直孔 h ，使活动底盘下面的工作水经 h 孔， i 孔泄放，于是活动底盘下落打开排渣口，分离筒中的污渣和水一起从排渣口排出。当凸轮轴转到 50s 位置时， K_5 ， K_6 断开， V_{1-1} 失电关闭，外管断水。然后凸轮轴从 50s 位置转到 65s 位置时， K_5 ， K_6 ， K_7 均断开， V_{1-1} ， V_{2-1} 均失电关闭，外管、内管均断水，在这 15s 时间内，配水盘内的水经小孔 g 排空，在复位弹簧作用下，滑动环复位，封住垂直孔 h ，即密封活动底盘下面的工作空间。到了 65s 位置时， K_5 ， K_6 ， K_7 均闭合， V_{1-1} ， V_{2-1} 均得电打开，外管、内管同时进水，托起活动底盘封住排渣口，又重复上述过程。

在正常分油过程中，要停止分油机工作，可按停止按钮 $PB2$ 继电器 R_1 失电，其常开触点 R_1 (9) 打开，断开 K_2 开关的支路，同时自保释放，而 R_1 (10) 的常闭触点闭合， K_3 在 180s (零秒) 位置时是闭合的，所以凸轮轴驱动电机 CM 得电、转动，经过一次排渣程序工作凸轮轴转到 60s 位置时， K_3 断开，使得 CM 失电停止转动，这样凸轮轴自动停在 60s 位置上。

若发生跑油，分油机的电动机损坏，过滤堵塞等故障时，均会使净油压下降，当净油压降到 0.08MPa 时，压力继电器 ES 闭合，使得 R_3 有电， R_3 (17) 的常闭触点打开，使 V_0 和 $X-1$ 失电，切断进分油机的油，切断温度调节器对蒸汽阀的调节，蒸汽阀全打开， R_3 (25, 26) 常开触点闭合，报警指示灯 LE 亮，蜂鸣器 BZ 响，进行声光报警。

我们了解了自动排渣分油机时序控制过程。一旦发生故障时，我们就可以通过故障现象来分析故障原因的所在，下面分析常见故障的检修方法：

1. 时序控制器不能工作

发生这种故障时，首先检查电源指示灯是否亮。不亮，说明指示灯坏或电源故障，应检查电源开关 DS 和熔断器 $FU1$ 、 $FU2$ 。若指示灯亮，说明电源是好的，应检查起动按钮 $PB1$ 和控制继电器 R_1 。若它们是好的，就应检查凸轮轴的微动开关 K_2 和凸轮轴驱动电机 CM 。若按下起动按钮 $PB1$ ，驱动电机 CM 转，凸轮轴不转，故障就在变速齿轮机构中。

2. 跑油

造成这种故障的主要原因是：①排渣口没有封好；②水封没有封好，此时，应检查凸轮轴在 65s 位置时， K_6 和 K_7 是否闭合良好， V_{1-1} ， V_{2-1} 电磁阀是否动作。若它们完好，动作正常，就要检查工作水箱的水位或者无水，若它们工作不正常，应清洁触头，解体电磁阀，若电磁阀线圈烧毁，应更换。若油从出水孔流出，可能没有水封，这时应检查微动开关 K_9 和 V_{3-1} 和单向节流止回阀。

3. 油温不正常

在正常分油时，油温过低，这时应检查油温传感器 f 和油温调节器 T 以及油温气动控制阀 $VT-1$ 、蒸汽阀，若油温过高。可能是油加热联锁控制继电器 $X-1$ (15) 的常闭触点熔焊没有打开，使得蒸汽阀长期全开，加热过大。

4. 不能定时自动排渣

这主要是定时器 T_1 故障，一旦 T_1 发生故障， T_1 (8) 就不闭合，凸轮轴驱动电机 CM 就不能转，自动排渣程序就无法进行，凸轮轴仍然在 180s (零秒) 位置。分油机继续按正常情况进行分油，一直到油渣过积，水封被破坏，造成跑油，失压报警。

5. 自动排渣工作不正常

我们知道排渣过程是这样的，先切断进入分油机的油——→打开冲洗水阀，进冲洗水——→

打开外管水阀 V_{1-1} ，关闭 V_{2-1} ，断开内管水，这样打开排渣口，进行排渣和排污水。所以，自动排渣程序工作不正常就应检查与此对应电磁阀 V_0 ， V_{3-1} ， V_{1-1} ， V_{2-1} 和它们回路的微动开关 K_4 ， K_5 ， K_6 ， K_7 ， K_8 ， K_9 。

总之，故障可能是多种多样，哪一个工况不能工作，就应寻找与该工况控制有关的元器件，这样，就可把故障元器件找到，并排除。

例二 FOPX 部分排渣分油机自动控制系统

FOPX 型分油机作为部分排渣型分油机工作时，在分油期间可不切断进油，每次排渣口仅打开 0.1s，排出量是分离筒外边缘与壳体之间容积的 70%，而且取消了比重环，这样给使用和操作者带来较大的方便。该分油机的控制系统是由以单片机 8031 为核心的 EPC-400 型控制单元和水分传感器 WT200 组成的，这里讨论该控制系统工作原理及常见故障的检修，至于 FOPX 型分油机机械机构可参阅有关船舶辅机机械设备书籍。

FOPX 型分油机自动控制系统组成原理如图 6-22 所示。

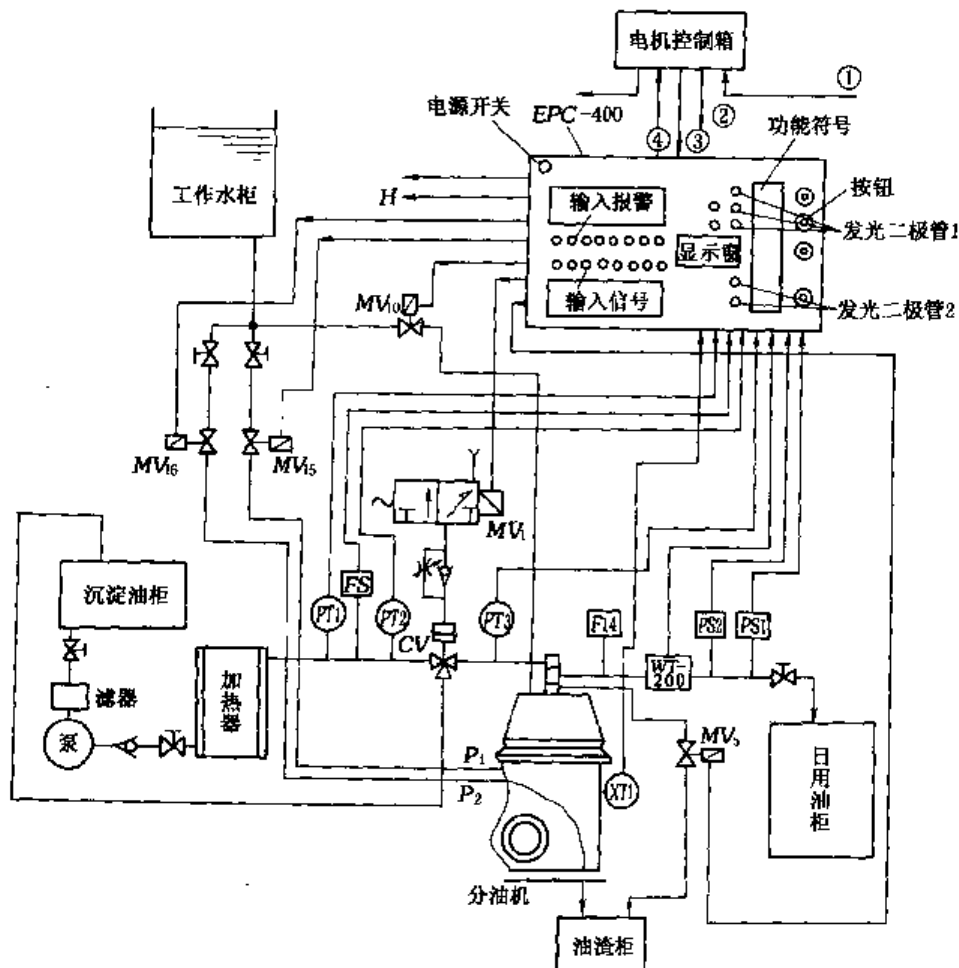


图 6-22 FOPX 型分油机自动控制系统组成原理图

图中的符号名称及作用：

PT1——高温报警温度继电器；

PT2——低温报警温度继电器；

PT3——温度传感器，提供温度调节器（没有画出）反馈信号，EPC-400、显示实际油温信号；

WT-200——水分传感器，检测净油中的水分，来决定是否临时打开排水阀或执行排

渣程序；

FS——流量继电器，低流量时动作，说明供油系统有故障，如滤器堵塞，管路泄漏；

F14——流量表；

PS1——压力继电器，高压断开，低压闭合，作为监视正常分油时净油出口压力；

PS2——压力继电器，低压闭合，作为排渣口打开的反馈信号；

XT1——液体传感器，用来监视排渣口在分油期间是否关密，在排渣时，是否打开；

MV₁——控制待分油进入分油机的控制阀；

CV——气动三通阀，当有控制空气时，待分油进入分油机，没有控制空气时，待分油外循环；

MV₅——排水电磁阀，如果离上次排渣后的时间在 10min 内，发生净油中水分超过标准，EPC-400 控制单元就发出打开排水阀，把分油机中的水排出，使水油界面向外缘移动；

MV₁₀——置换水电磁阀，当排渣整定的时间到，而净油中水分仍然没有超过标准时，EPC-400 控制单位就发生打开 MV₁₀，置入置换水，使分油机剩油排出，同时，油水界面向内移，净油中水份超过标准，EPC-400 控制单元发出排渣操作（即 MV₁₅、M₁₆同时打开）；

MV₁₅——操作水电磁阀，在排渣程序中，P₁ 管进水，打开排渣口；

MV₁₆——工作水电磁阀，在排渣程序中，P₂ 管进水，打开排渣口；在分油期间，间断打开，进行补偿工作水。

FOPX 型分油机自动控制系统的工作程序时间如图 6-23 所示。

FOPX ALCAP		STOP		RUN						
		准备	T ₁ 起 动 程 序			T ₂ 排渣间隔时间	D ₁ 排 渣		T ₂	
			T ₀	T _{1A}	T _{1B}		T ₄	T ₅		
电磁阀 继电器	作用功能									
	固定时间(s)	15		30		3	15			
	可调时间									
MV ₁	待分油进分油机									
MV ₁₀	置 换 水									
MV ₁₅	开 启 水									
MV ₁₆	补偿水和密封水									
K ₅	起 动 器									
Heater	加 热 器									

STOP				
D ₂ 停 止 程 序			准备	
T ₃	T ₄	T ₁₁		
15	3	180		

图 6-23 自动控制系统的工作程序时间表

FOPX 型分油机自动控制系统的工作过程：

1. 起动过程

按下起动箱上启动按钮，使分油机电动机起动运行，同时，起动箱向控制箱提供 48V 交流电源，控制箱内部变压器输出 24V 交流电源，再经整流、滤波和稳压，得到 +20V，±12V 和 +5V 直流电源。分别作为水分传感器 WT-200 和两块印刷电路块（一块为主控板，EPC-400 型的核心板，另一块为水分传感器处理板，也是由 8031 单片机组成）的工作电源。

按下控制箱起动按钮时,就分别接通两块印刷电路块 $\pm 12\text{V}$ 和 $+5\text{V}$ 直流电源。按下控制箱面板上的加热起动按钮,燃油加热器的温度控制系统投入工作,对燃油进行加热。待分油机电机运行稳定后,按控制箱面板上的起动程序按钮,两块印刷电路板的8031从初始化程序开始运行。

2. 分油运行

当一按下程序起动按钮,自动控制系统就投入程序控制运行。这时主控板就采样PT3送来油温信号,如果燃油温度达到正常值,主控板首先执行正常分油程序。即:使补偿水和密封水电磁阀 MV_{16} 通电35s(见图6-23程序时间表) MV_1 通电,使CV三通阀受控,待分油进入分油机(因排水电磁阀 MV_5 关闭,不必进入置换水形成水封,所以也不会跑油),进油30s以后,电磁阀 MV_{16} 开始间断通电,进行补偿工作水,此时,通知水分传感器处理板开始监视净油水分。

如果净油水分达到触发值350单位(相当于净油中含水量占0.2%),水分传感器处理板的8031要检查距上次排渣后时间(若首次分油,就是计时器时间)是否超过10min,若不到10min,说明待分油中含水量较多,它向主控板的8031传送一个信息,主控板接到这个信号后,输出一个控制信号使排水阀 MV_5 通电打开,分油机开始向外排水,同时主控板送一个信号给水分传感器处理板,通知已打开排水阀,水分传感器处理板上的计时器 T_0 开始计时,当计到20s后,检查一下净油水中含水量是低于触发值,主控板撤消时对排水电磁阀 MV_5 的控制,停止分油机向外排水。若净油中含水量仍高于触发值,继续计时,同时不断监视净油中的含水量,计到120s时,净油中含水量仍高于触发值,主控板接到这个信号后,关闭 MV_5 进行一次排渣操作,即同时使 MV_{15} 、 MV_{16} 通电, P_1 和 P_2 管同时进水,打开排渣口,进行0.1s排渣。由于分油机内水量过量,排渣前不需进置换水,此时, MV_{10} 不通电。同时,水分传感器处理板上的计时器 T_0 清零。然后,进行排渣后计时,水分传感器继续监视净油中含水量。如果距上次排渣不到10min,净油中含水量又超过触发值,又重复上述排水操作。若这次排水阀打开120s后净油含水量仍高于触值,说明待分油含水量实在太多,或者排水阀开度不够,或者置换水阀没有关严密。这时水分处理板通知主控板8031、主控板输出控制信号,执行一次排渣后,切断待分油进入分油机,停止分油机工作,并发生声光报警。

若水分处理板的计时时间超过10min,小于最大整定排渣时间,水分处理板送出一个信号给主控板,主控板就进行一次排渣操作,即 MV_{15} 通电3s, MV_{16} 连续通电18s, MV_{10} 不通电,因为分油机内水量过多,不需置换水。

如果水分处理板的计时时间超过或等于最大整定排渣时间,WT-200检测出净油中含水量仍没有达到触发值,说明待分油含水很少。这时水分处理板送出一个信号给主控板,主控板进行一次排渣操作。首先主控板控制置换水,电磁阀 MV_{10} 打开,并计时,计到20s后,使 MV_{15} 通电3s MV_{16} 通电18s,打开排渣口,进行0.1s的排渣。

3. 停机

按下控制箱面板程序停止按钮,注意按下保持时间应大于3s,主控板扫描到停机信号后,首先,撤除 MV_1 控制信号,使气动三通阀CV不受控,切断待分油进入分油机,进行外循环。同时,主控板使置换水阀 MV_{10} 打开, T_3 进行计时,注入置换水,把剩下的净化油排出, T_3 计到15s后,主控板使开启水电磁阀通电打开, P_1 管进水,打开排渣口,进行排渣排空。同时, T_4 计数 MV_{15} 打开时间,到了3s主控板使起动箱内的 K_5 继电器失电,

电动机停止, T_{11} 计时, 在这 180s 内不允许再次启动分油机, 同时, 补偿水和密封水电磁阀 MV_{16} 通电打开, 注入密封水。

FOPX 型分油机自动控制系统报警具有比较完备的外检和自检功能:

1. 外检功能

①PT1 用于油温高温报警: PT1 温度传感器把温度变换为对应的电压信号, 送给主控板上进行 A/D 变换, 与高温设定值比较, 若超过, 主控板发出报警。

②PT3 用于检测油温, 它一边送给温度调节器, 另一方面, 送给主控板, 进行 A/D 变换, 实时显示当时油温, 同时, 主控板把 PT1 模数变换值与 PT3 模数变换值进行比较, 若相差比较大, 说明温度传感器有故障, 主控板发出温度传感器有故障的报警。

③PT2 低油温的温度继电器, 当油温度低时, PT2 闭合, 通过开关量输入口, 通知主控板发生油温低, 主控板扫描到这个信号就给出油温低报警信号。

④XT 排渣传感器, 用于监视排渣口是否关闭, 在分油期间, XT 排渣温度传感器送来的应是低温信号, 通过 A/D 变换, 与内存设定值比较, 若大于低温设定值, 说明排渣口没有关闭, 给出报警信号。

⑤水分传感器 WT-200 的检测: 水分传感器的量程是 100 到 400 之间, 若水分传感器输出值大于 400 或小于 100, 说明水分传感器有故障, 水分处理板把这故障信号送给主控板, 主控板将发出水分传感器故障的报警信号。

⑥跑油监视: 在分油期间, 净油出口的压力正常时, PS1 应断开。当分油机发生跑油等故障现象时, PS1 压力继电器闭合, 主控板通过开关量输入口扫描到该信号时, 就给报警。

⑦流量监视: 当供油管路发生流量减少时, FS 流量继电器闭合, 主控板通过开关量输入口扫描到该信号时, 就给出流量不足的报警信号。

⑧排渣监视: 分油机在排渣口打开时, 分离筒外侧空间的水和油渣立即从排渣口冲出, 这时净油出口压力会迅速下降, PS2 压力继电器闭合, 主控板扫描到该信号, 说明排渣口已打开, 正在执行排渣程序。若发出排渣信号后, 没有扫到该信号, 说明分油机不能排渣。过数秒钟后, 主控板再发出一次排渣信号, 还是没有扫描到 PS2 闭合信号, 说明分油机不能排渣, 发出分油机不能排渣故障报警号, 并停止分油机工作。

2. 自检功能

本系统能对如下自身故障进行自检。

①8031 内部 RAM 故障; ②外部 RAM 故障; ③EEPROM 故障; ④EPROM 故障; ⑤A/D 转换故障; ⑥温度 and 水分传感器标定错误; ⑦标准电压发生器 MC1403 有故障等。

FOPX 分油机自动控制系统的故障检修:

1. 故障代码

FOPX 型分油机在运行期间如果发生故障报警, 则在显示窗中将会显示出报警的具体项目, 其中左面两位显示 A_X ($X=1, 2\cdots 9$) 表示故障的类别, 右边的数字指出具体故障内容。

A1——是通信故障报警, 当 EPC-400 型装置与主计算机联网或几台 EPC-400 型装置联网使用时, 它们之间通信不正常将在显示器上显示 A1, 如果该 EPC-400 型装置单机运行, 一般不会发生 A1 类型的报警。

A2——是单片机处理器故障报警, 其中:

A2——1 8031 内部 RAM 故障;

A2——2 外部 RAM 故障;

A2——3 EEPROM 故障;

A2——4 EPROM 故障;

A2——5 RLP 转换开关位置错误;

A2——6 A/D 转换器故障;

A2——7 温度和水分传感器标定错误;

A3——程序编制方式时间太长,它是指两块印刷电路板中 8031 与存储器及各种接口之间传递信息时间太长,这会影响程序的正常运行,将发出显示 A3 的报警;

A4——电源故障报警;

A4——1 停电;

A4——2 电源频率太高 ($\pm 5\%$);

A5——分油机起动时间超过最长起动时间故障报警;

A6——控制温度传感器和高温报警传感器所检测到的燃油温度值之差超过 30°C 报警;

A7——分油机系统故障报警;

A7——1 水分传感器输出值 >400 ;

A7——2 水分传感器输出值 <100 ;

A7——4 排水阀开度不够;

A7——5 记忆单元故障;

A7——6 液体传感器温度报警;

A7——7 水分传感器工作不正常;

A7——8 两次发出打开排渣口指令,排渣口仍未打开;

A7——10 置换水系统工作不正常。

2. 故障检修

首先检查控制箱面板上的报警发光二极管和显示窗中显示报警内容的代码。根据代码查找具体的故障元件,一般而言,除了这些元件的引接线发生断线或接触不良,进行检修外,对于传感器本身故障,在船上也只能整板更换。故障板送到专业厂家或特约维修部进行修理。对于开关量的继电器,主要检查触头是否闭合良好,引接线与端子接触是否良好,触头两端的电阻是否变质或断路;检查触头驱动部件是否灵活,有无卡阻现象,一般通过清洁,加油都能排除这类故障,若压力继电器的气囊或薄膜破损,温度继电器的感温件损坏,只能整体更换,但要注意更换同型、同规格的器件。

一旦故障排除后,必须按下报警复位按钮,主控板才能使程序初始化,使程序重新开始,或者撤消被中断的程序使之继续进行。如果同时发生几个故障报警,按一次复位报警按钮,复位第一个故障报警,显示窗显示出第二个报警故障代码,维修人员就得再查找第二个故障元器件及有关回路,排除故障后,按复位按钮,一直到把所有的故障排除完了之后,系统才能复位,运行。所以本系统给操作,维修人员带来很大方便。

四、自动排渣分油机电气控制系统的调试

自动排渣分油机电气控制系统的调试,对继电式控制系统主要是时序控制器的调试,要求调试凸轮轴微动开关通断顺序和闭合时间是否与通断时间表相符,不相符合应移动凸轮的

位置。此外，压力继电器 ES 的动作值的调节，一般上限值调到 0.12MPa ，继电器应断开，下限值为 0.08MPa ，继电器闭合。

对于微机式的控制系统，由于采用的器件不同，（如 PC 可编程控制器、微处理器、单片机等）它有不同的调试步骤：应按具体的说明书来进行。像 ALFA-LAVAL 分油机是利用控制箱内时间整定端子的跨接来整定时间的，如 XC 端子用于整定开启水阀 MV_{15} 等，像 FOPX 系统，是按转换开关，打到 P 位置，那么，控制箱面板上的按钮就改变功能，就可用它来测试和调整参数。这个系统可调参数不多：如高低油温报警值，跑油报警值，最大排渣时间间隔。最小排渣时间 10min，开启水阀的 MV_{15} 的通电打开时间 3s，补偿水阀 MV_{16} 的间断通电的时间，都是不可调的。

第五节 船舶起货机电气系统的维修

一、电动起货机的分类、技术要求与维护

（一）电动起货机的分类

电动起货机在现代船舶上应用较为广泛。它可分为：

1. 双杆起货机

如图 6-24 所示，通过两台电动机分别拖动起货绞车。电动机的起动、调速、正反转和制动控制是由电气控制系统来实现，这种起货机便于实现遥控和自动化。它工作平稳、噪声小，可以设计较为紧凑，操作和日常维护都较方便，但具有货物定位、变幅麻烦等特点。

2. 单杆起货机

如图 6-25 所示，由三台电动机分别拖动升降绞车、变幅绞车和回转绞车，每台电动机的起动、调速、正反转和制动等由各自的电动机电气控制线路来完成。

3. 克令吊

如图 6-26 所示，其特点是升降机构，回转机构与变幅机构及它们的控制设备均在同一个工作平台上，并且绞车、平台和吊杆均能一起绕其中心轴回转。所以它的操作比较灵活、起货速度快、生产效率高，但是这种起货机构复杂、紧凑、维护不方便。

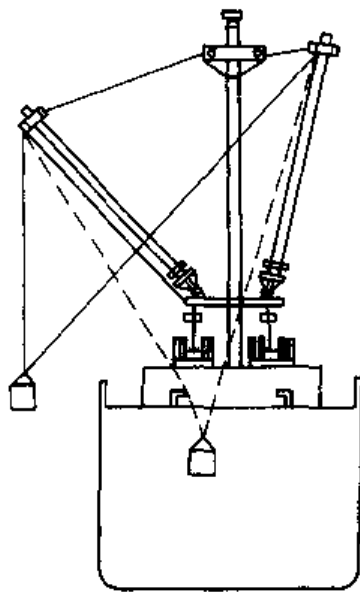


图 6-24 双杆吊货示意图

电动起货机按电源种类可分为交流电动起货机和直流电动起货机两大类。

交流电动起货机：一般都用鼠笼式变极变速电动机拖动，有三种转速，交流电动起货机按中速到高速的调速情况，可分为恒功率调速和恒转矩调速两种。目前我国生产的电动起货机拖动控制系统采用恒功率调速型式和一种既非恒功率又非恒转矩的派生型式，例如 PHKJ-1A-H 控制屏与 JZF-H₆ 型 26/26/5.5kW 电动机配套的拖动控制系统和派生的 PHKJ-1-H 控制屏与 JZF₂-H₆ 型 38/26/4.5kW 电动机配套的拖动控制系统。国外多采用恒转矩调速系统。有的交流电动起货机采用三相绕线式异步电动机拖动，通过转子串电阻调速或可控硅调速。

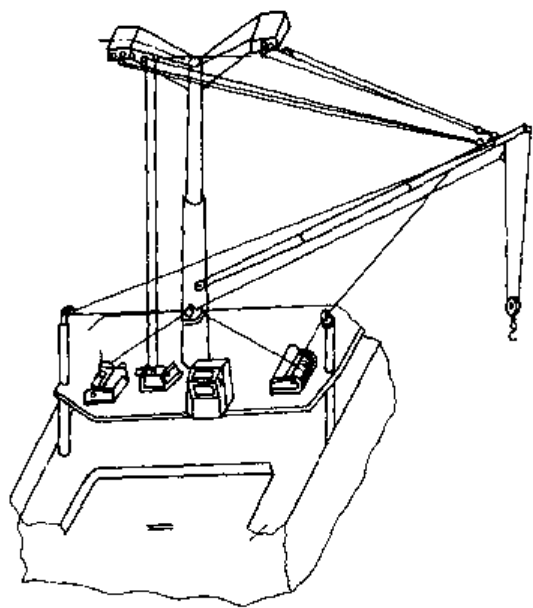


图 6-25 电动回转和变幅的单吊杆起货装置

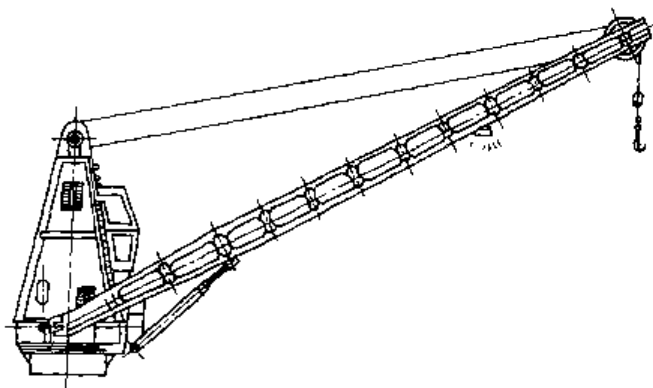


图 6-26 克令吊

直流电动起货机：其拖动控制种类较多，有发电机—电动机组拖动系统、继电接触控制系统、磁放大器控制系统及 AEC 控制系统等。

目前由于普遍采用交流电制船的、继电接触控制的直流电动起货机已不常见。但是由于直流电动机具有良好的调速性能，常常采用 $G-M$ 系统。即用交流电动机拖动一台直流发电机同时向双杆吊起货机的两台直流电动机供电的双输出系统和交流电动机拖动一台直流发电机同时向克令吊的三台直流电动机供电的三输出系统。

随着电力电子技术的发展，各种电子设备如各种半导体控制单元，可编程控制器已应用于交流电动起货机的控制线路中，电动起货机的控制技术正进一步向前发展。

(二) 交流电动起货机的技术要求

恒功率调速系统要求有可靠的过载保护、同时还要求两吊杆应进行同速联锁控制。

恒转矩调速系统中，中、高速都可吊起额定负载，并且有启动快、生产效率高等优点，但轻载和空钩时电动机功率未充分发挥，电站容量也必须增大。

对控制系统要求：

1. 控制线路必须保证起货机工作可靠、操作方便、使用安全。
2. 控制线路与电动机必须使用同一电源。对于直流电磁制动器，其电源必须同一电源整流后供电。
3. 为了便于控制电动机启动、调速和停车，要设置主令控制器。主令控制器要有“上升 1、2、3 档”、停车、“下降 1、2、3 档”，并有明显标记。主令控制器手柄应有复位弹簧，当操作人员放开手柄时，手柄应自动回到零位，使电动机停转。
4. 控制线路中应设置自动逐级延时启动线路，但从启动到高速运转的时间应小于 2s。从高速突然到零位停车时，应采取三级自动制动过程，即单独的电气制动——电动机再生制动；当 $n = 500 \sim 200 \text{ r/min}$ 时进行电气与机械联合制动；最后单独的机械制动，整个制动过程应小于 1s。

5. 控制线路应保证，当主令控制手柄从上升高速档突然扳到下降高速档时，应先实现从高速到停车的三级制动过程，然后再实现从零位到高速下降的自动逐级延时启动过程。

6. 主令控制器手柄在任意扳动情况下,不应发生重物自由跌落状态。同时应保证在中、高速不发生堵转。当电磁制动器线圈中的电流小于维持电流时,中、高速绕组应及时断电。

7. 控制线路应设如下保护:

①欠压保护——85% U_N 时,继电器吸合;75% U_N 时,释放;

②单相保护;

③过载保护;

④短路保护;

⑤通风冷却保护。

8. 控制线路应设紧急开关,以便应急停车。

(三) 电磁式控制屏、控制箱的维护

一级保养:

一般2~3个月一次

1. 清除各部件上的积灰和污垢。

2. 检查按钮、指示灯、开关、仪表等零部件的完整性,紧固件不应有松动。

3. 检查并维护继电器、接触器。

4. 机械和电气联锁应可靠,机械活动部位应灵活,必要时加润滑油。

二级保养

一般6个月一次

1. 检查并调整时间继电器、压力、温度、液位调节器、热继电器及失压保护继电器的整定值,使其符合控制线路要求;

2. 检查并调整继电器、接触器的触头初压力、终压力、超行程及断开距离;

3. 对接触器应检查非磁性垫片、短路环及铜套有无损坏。

三级保养

一般3~4年或修船期间

1. 检查控制屏前后全部零件、螺丝和紧固圈有过热、锈蚀时,应拆下清洁,各连接导线和线头编号有损坏应更换;

2. 检查各线圈的欧姆电阻值,以便查出短路、开路的隐患;

3. 检查并调整各保护电器的整定值;

(四) 主令及凸轮控制器的维护

一级保养

每航次或使用前进行

1. 检查主令控制器外部装置,如手柄或手轮、指示灯、开关、按钮等;

2. 检查控制器指针实际位置是否相等,定位是否准确;

3. 清洁触头凸轮表面,检查内部弹簧有无损坏或错位。清洁灭弧罩,如有损坏或绝缘不良,必须修复或更换。

二级保养

3~6个月一次

1. 检查主令控制器内部复位弹簧、触头、凸轮、并清洁触头;

2. 对采用可变电阻的主令控制器应检查滑动臂与电阻的接触是否良好。

三级保养

3~4 年或修船期间

1. 对内部进行除锈、防锈、水密处理；
2. 更换损坏零件。

(五) 电磁制动器的维护

起货机、锚机、绞缆机等甲板机械都需要制动功能。一般这些机械的拖动电动机本身带圆盘式电磁制动器，其结构如图 6-27 所示。这种圆盘式电磁制动器与电动机合成一体，既提高了制动器的水密性能，又使制动性能稳定可靠。摩擦片 2 铆接在动片 4 上，有的是把动片沿着圆周打孔，把摩擦块放入，摩擦块厚度比动片厚得多，当线圈通电后，电磁衔铁圆盘被吸合，弹簧被压缩贮能，于是，动片在空腔内可自由转动。动片与电动机同轴自由旋转。当线圈断时，电磁衔铁圆盘被弹簧 1 顶回，于是动片 4 被卡在端盖与衔铁圆盘之间，摩擦片或块与它们摩擦产生制动力矩，从而使电动机制动。

显然，调节人工释放螺钉 5 可限制衔铁圆盘 6 被弹回的行程，从而调整刹车的松紧。但是，当摩擦片或块磨损过大时，衔铁圆盘与电磁铁心间隙即回程太大，制动力矩减少，制动效果不好，滑程大。若间隙太小，弹簧 1 的弹力大，制动力矩大，很快把动能以热的形式消耗掉，在短小时内，就造成制动器温度急剧上升，使端盖油漆变色甚至焦黑。所以，这些甲板机械在运行时应注意制动器温度和滑程，每个航次结束后都必须测量间隙，必要时调整间隙。

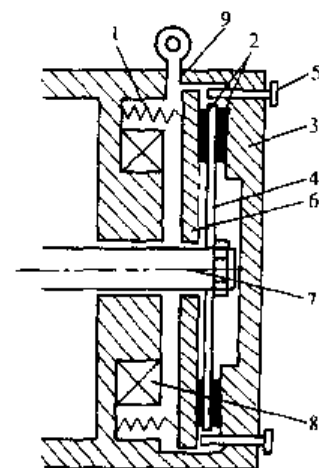


图 6-27 圆盘式电磁制动器结构图

- 1-弹簧；2-摩擦片；3-端盖；
4-动片；5-人工释放螺钉；6-衔铁圆盘；7-转轴；8-线圈；
9-测间隙孔

间隙测量方法：

取下测量孔的螺钉帽，并把人工释放调节螺丝放松。用塞尺测量衔铁圆盘与电磁铁心的气隙，并记录，然后与制动器的说明书的要求比较，若间隙过大，应调整或更换新的摩擦片或块。

间隙的调整：

当摩擦片或块磨损严重时造成的间隙太大，此时，只能更换摩擦片或块。更换新摩擦片或块后，间隙还太大，可能是端盖没有拧到位或者衔铁圆盘和端盖长期被摩擦而磨损造成间隙过大。

制动力矩调整：

当更换新摩擦片或摩擦块时，刹车过紧，造成端盖温度急剧上升，这时，调节人工释放螺钉，改变弹簧回程，来调节制动力矩。当更换新摩擦片或摩擦块后，滑程过大，制动力矩不足，应旋出人工释放螺钉，若此时滑程还是太大，说明弹簧工作长度增加，造成弹力不足。这时，把端盖 3 取出，动片 4 从转轴上卸下，取出衔铁圆盘，把弹簧从弹簧孔中取出。若是衔铁圆盘 6 和端盖 3 磨损严重而造成间隙大，引起制动不足，则应在弹簧孔内垫入垫片（一般每片垫片厚度为 0.5mm），注意每个弹簧孔放垫片的厚度要一样，防止刹车时，局部先受力，局部发热严重。若弹簧长期工作，疲劳引起弹力不足，则应更换新弹簧，建议最好全部换新，若更换部分，应按新旧间隔均匀放置。

船舶机械设备除了这种联体圆盘式电磁制动器外，还有使用电磁铁闸瓦式制动器。这种制动器其结构是开启式的，采用杠杆机构工作原理，很简单，当电磁线圈通电时，衔铁吸

合，推动杠杆把闸瓦顶开，松闸。断电时，衔铁自由，靠弹簧的张力迫使闸瓦抱紧制动轮而制动。其调整制动力矩也简单，读者一看到这种制动器就明白，不用多述。

电磁制动器维护、保养要求：

一级保养

每航次或使用前

测量间隙、必要时进行调整。

二级保养

3~6个月一次

1. 局部解体清洁；防止铁心吸合面太脏，引起吸力不足，造成不能松闸或似松非松故障。

2. 检查衔铁、铜套及弹簧有否变形；若变形应修复或更换，更换制动片弹簧时，应注意型号及材料质量。

3. 检查制动片即腰形或圆形制动块与衔铁接触是否匀称、有龟裂、过热现象时应更换。

4. 检查制动器的人工释放装置是否有效。

三级保养

1. 电动机解体的同时对制动器进行解体；

2. 清洁检查并更换部件。

(六) 交流电动起货机电气系统的日常维护

一般而言，交流电动起货机日常维护从三个方面进行，即巡视检查、每航次的一般性检修和定期检修。

1. 巡视检查

起货机在使用中应根据装卸货物的种类和本身设备的技术状况制定巡回检查制度，一般巡视检查下列内容：

(1) 监视电动机和电磁制动器的温升，在运行中不应超出允许温升。若电动机过热，应检查电动机通风冷却系统是否正常。同时检查电动机的堵转及电磁制动器的动作和释放是否符合技术要求。

(2) 了解控制屏上各电器的工作情况。察看有无紧固零件松动或脱落；机械部分有无因受力而变形、断裂或影响正常灵活动作，衔铁在吸合和释放时有无振动、噪声异常，时间继电器的延时是否有明显差异，各电器线圈是否有过热焦糊味或冒烟等现象。

(3) 对克令吊应检查各种限位保护和报警装置是否正常。

(4) 检查操作是否符合规程，手柄位置与运行转速是否相符，起重滑程是否过大，若过大，应检查电磁制动器的动作及有关电器是否正常，必要时停车调整，检查电磁制动器间隙。

(5) 巡视时应观察各电器的整定值，若与整定值有明显偏差，可停机调整。对有时间继电单元、过载保护单元和变速单元电子设备的起货机，应观察有关指示灯的亮灭和亮度变化等。

(6) 装、卸结束，应检查起货机及主令控制器的电源是否切断，电动机的风门、控制室的门窗是否关闭，防水罩是否遮盖好，在温度较低时，接通控制器和电动机加热电阻进行驱潮、防凝露。

2. 每航次的一般检查

每航次离港后，在到达目的港前，必须进行一次维修保养工作，主要内容如下：

(1) 清洁控制屏、去除在港装卸货时沾染的灰尘污物。

(2) 仔细检查控制屏与各紧固件是否松动、脱落、折断损坏等现象。各接线头有无松动掉落。电器的各反作用弹簧应正常没有变形，若失去弹性、断裂或脱落丢失，应更换。

(3) 检查正反转接触器和各加速接触器的主副触头是否良好，若发现触头烧毛，接触面上有氧化物或细小的熔物，应用油光锉磨光，力求接触表面光洁，保持原来形状，并贴合良好，触头清洁后，用万用表检查其接触情况。

(4) 检查各时间继电器、中间继电器、保护用继电器以及风机接触器等电器的触头接触是否良好，有无损坏、变形、动作是否灵活，若发生变形、断裂或脱落等故障应及时修理或更换。触头清洁或修理后应用万用表检查接触情况。

(5) 检查控制屏上电器的线圈有无短路、断路或通地等故障，若发现线圈有变色、发焦或烧灼现象应仔细检查，必要时应予更换。

(6) 测量控制屏对地绝缘电阻。若由于受潮而不符合要求时，应用热风吹干，必要时应仔细擦拭并通电驱潮电热器。

(7) 检查和清洁主令控制器，测量电磁制动器间隙。

(8) 每个控制屏保养完毕检查无误后，应进行通电运行试验。操作主令控制器，各项功能无误之后，切断电源，加盖防水遮盖、关闭控制门窗。

3. 定期检修

定期检修内容除包括一般航次检修内容外还需增加如下内容：

(1) 检查和调整各接触器、电压继电器线圈的动作电压与释放电压值，以及各保护电器的整定值，使其符合本船技术要求。

(2) 检查与调整接触器、继电器触头的断开距离、超行程、初压力、终压力以及线圈对地绝缘电阻；测量线圈电阻值，判断内部是否短路，若短路应及时更换。

(3) 用兆欧表测量控制屏、电动绕组及电磁制动器线圈的绝缘电阻，如因潮湿绝缘电阻低，应采用热风驱潮，使绝缘电阻提高。

(4) 检查电动机通风系统，鼓风机解体、清洁、更换轴承润滑油，检查并清洁风门、开关，清除风道中的灰尘和污物。

(5) 解体、清洁电磁制动器，更换损坏或磨损严重部件。

(6) 检查接触器衔铁上的短路环是否断裂松动或高出接触面而影响贴合、造成噪声大。

二、交流起货机电气系统常见故障检修

例一 恒功率三速起货机电气系统常见故障检修

恒功率三速起货机电气控制线路，如图 6-28 所示。

1. 工作原理

主令器在 0 位时，风门开关 FK 和主令器上的电源开关闭合就会使 FSC 有电，其常开触头闭合，使风机电动机有电运转，同时失压继电器有电，常开触头闭合，控制线路有电。然后，逐档搬动主令器手柄，起货机就在对应档运行，在上升第一档，就是使 ZC 和 1C 有电，低速绕组有电。扳到上升第二档，就是 ZC 和 2C 有电，中速绕组有电运行，扳到上升第三档，当负荷在半载以下，负载继电器不动作。ZC 和 3C 有电，高速绕组有电运行，若负载超过半载时，负载继电器 ZJ 动作，使中间继电器 J 有电，它的常开触点闭合，自保，

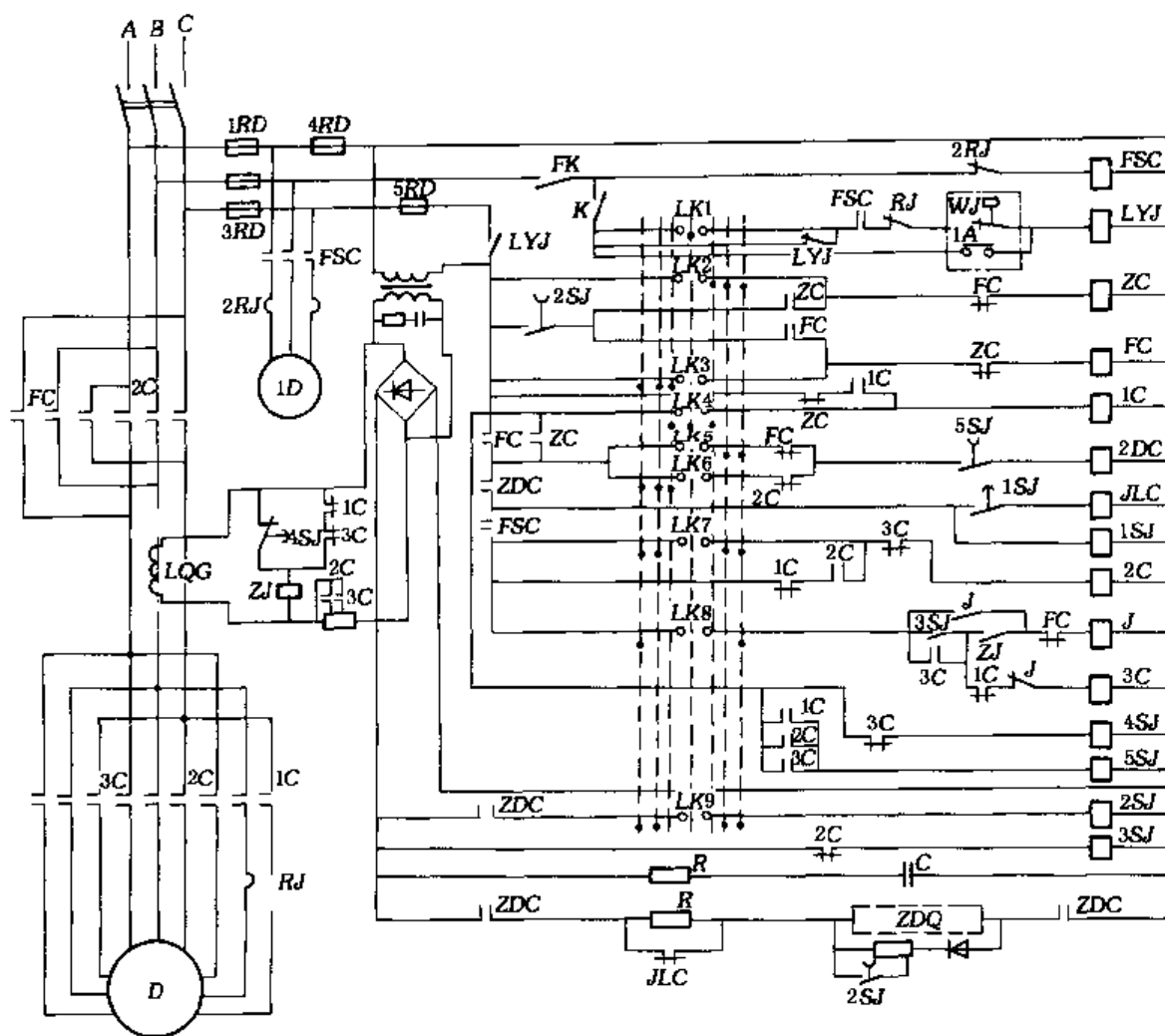


图 6-28 恒功率三速起货机控制线路图

常闭打开，使 3C 失电，只能在中速下运行。当主令器从 0 位直接推向高速档时。由于在零位时，3SJ 有电，常闭触点打开。2C 先得电，在中速下起动。2C 的常闭触点打开，使得 3SJ 失电，它的常开延时触点延时（即为中速起动时间）闭合，使得 3C 有电，在高速下运行，当然，同样受负载继电器 ZJ 限制。当从高速档直接推到 0 位时。由于 2SJ 的常开触点延时打开，使得方向接触器 ZC 或 FC 仍然保持有电，在这延期内，方向接触器和 1C 低速接触器有电，同时制动器线圈回路电阻减少，放电时常数增大，使延时抱闸，在这延时时间内，电动机进行再生制动，即单独电气制动。当制动线圈放电到不能维持松闸值时，制动器抱闸，进行电气、机械联合制动，延时时间到，2SJ 打开，方向接触器失电，电气制动结束。只有机械制动到电动机停转（这就是所谓的三级制动过程），当从一方向的高速档快速推到另一方向的高速档，首先进行三级制动，然后再进行延时起动，其过程：当手柄从起货高速快速推向落货高速过程中，使得 2SJ 失电，延时打开的常开触头 2SJ (13-14)，仍然使 ZC 有电，使 ZDC 制动继电器失电，其常开触点 ZDC (36-59) 打开，使得 2SJ 常开触头无法得电，只能进行三级制动，2SJ 常开触头延时时间到了，2SJ (13-14) 打开，ZC 失电，使得 FC 得电。同样的道理，3SJ 的常闭触点 (30-31) 打开，3C 无法得电，只能在 2C 中速下起动，延时后，才能使 3C 有电，在高速下运行（负载在半载以下，否则，也只能在中速下运行）。

2. 常见故障检修

1) 电动机过热, 甚至烧坏

产生这种故障的原因主要有以下几个方面:

(1) 重载超速

国产恒功率电动起货机由负载继电器 ZJ 来防止超过半载升高速, 但是 ZJ 的可靠性差, 不能很好地起保护作用, 近年来作了很多的改进工作, 现推出晶体管式负载继电器, 据称该负载继电器灵敏度高, 电网电压波动影响小, 克服了这个缺陷。但是, 负载继电器失灵是造成重载超速运行的主要原因, 若及时发现, 调整修复, 就会发生电动机过热现象, 久而久之或有其他故障就可能烧毁电动机。

(2) 长时间过载, 操作频率过高

使用起货机时, 由于装卸人员难于准确估计货物重量而超载运行, 同时也希望提高装卸速度, 而常常操作频率超过 $(240/480/480)$ 接通次数/h。造成电动机过热又一个原因。

电动机过热保护是由埋在电动机定子槽内绕组端部的热电偶和串在主电路的热继电器 RJ 的动作来实现的。但是热电偶通常在电动机出厂前就已经损坏, 可靠性极差, 又不能修复, 而主电路电流大, RJ 热元件比较粗糙, 其整定值难于准确整定。由于这两种保护不可靠缘故, 要求电气维护人员应经常监视电动机的发热情况。

(3) 电动机堵转

电动机发生堵转时, 定子电流大大增加, (如国产恒功率 JZF-H 型三速异步电动机 28 极、8 极、4 极的堵转电流分别为 $2I_e$ 、 $4I_e$ 、 $4I_e$) 温升快而高。

若启动时快速把手柄扳向中速或高速档, 中速绕组的加速接触器 $2C$ 和 ZDQ 线圈同时通电。 $2C$ 动作比 ZDQ 要快时, 则可能发生中速绕组短时堵转。堵转电流较大、容易使电动机发热。若这种操作过于频繁, 就会造成发热严重。如果制动器本身故障, 不能释放, 发生堵转。若制动接触器 ZDC 因故障而不吸合, 而 ZDC 的副触头熔焊或卡住在闭合状态, 会使中速绕组长期堵转。为防止高、中速由于 ZDC 故障而堵转, 线路中用 ZDC 的副触头控制 $2C$ 和 $3C$ 的通断, 一旦副触头发生故障, 上述现象就会发生。

在制动过程中, 如果 $2SJ$ 延时过长, ZDQ 放电电阻又较大, 也会产生低速绕组堵转。若 $5SJ$ 继电器失效, 也会发生低速绕组堵转。由于这些时间继电器工作频繁, 寿命有限, 很快失效, 维护监视应注这些电器元件。

堵转的保护依靠 RJ 和空气开关的动作。一般 RJ 整定到 $2I_{MN}$ 、15s 以内动作。

可见, 电动机过热时, 应检查制动接触器 ZDC , 电磁制动器 ZDQ 以及放电电阻。还应校核 $2SJ$ 延时整定值, 检查 $5SJ$ 工作状态, 以及其他有关部分电器。

(4) 电动机本身故障

电动机定子绕组、轴承等发生故障也会出现温升过高的现象。

2) 电磁制动器温升高、摩擦片磨损过快

这种故障的原因较为复杂, 除制动器线圈发生短路外, 还应从以下两方面进行分析:

从控制线路看:

若时间继电器 $2SJ$ 整定太短, 电动机再生制动来不及发挥作用。未使电动机的转速降低, 电磁制动器将在高速下刹车, 从而使制动器温升高, 磨损快。若电磁制动器线圈回路放电电阻太大, 放电过快, 也会产生高速刹车。

摩擦片磨损快也可能是由于经济电阻阻值太大或串入太早, 使制动器似开未开, 引起摩

擦片的磨损而造成的，也可能因制动器线圈放电回路的二极管击穿，放电电阻成为分流电路而造成。

从制动器来看：

摩擦片间隙太小、间隙不均匀、摩擦片变形等都会引起制动器发热和磨损严重。此外，制动器内弹簧弹力过强，线圈内部短路，吸力太小、弹簧掉落使衔铁受阻间隙不均或变小等也是摩擦片过快磨损原因。

3) 控制系统失控

起货机不按照主令控制器手柄的要求工作，致使控制失灵的现象称为失控。电气维修人员必须能够迅速地排除失控故障；保证起货机正常运行。失控故障原因很多，下面对一些常见的故障作简要分析。

(1) 扳动主令手柄，正、倒车都不能起动

由于正、倒车都不能起动，故障的部分在于正、倒车控制线路中的公共部分，所以，首先检查风机是否转，若不转，应检查主电源、各个熔断器是否烧断，热继电器 RJ 是否复位，若风机转，应检查风机接触器 FSC 的副触头和零压继电器是否吸合。若以上各元件正常，就检查主令器内部触点接触是否良好，有无脱落或损坏，制动器是否已松开，最后检查电动机本身是否有故障。

(2) 扳动主令柄，只有正车或倒车

这种故障常常是方向接触器触头接触不良而引起的，应检查 ZC 或 FC 两接触器的主、副触头接触情况，同时检查主令控制器的触头。

(3) 正、倒车均无高速和中速

风机长期过载运行，其热继电器 $2RJ$ 动作，风机接触器 FSC 释放，使高、中速不能运行，只可用低速放下货物。或者风机接触头故障（ FSC 的副触头接触不良），制动器的接触器的副触头接触不良以及主令器内部触头故障都可能造成这种故障。

(4) 制动时货物滑程过大

一般电动起货机额定起货速度 40m/min ，滑程不应超过 0.4m 。滑程过大的原因主要是三级制动配合不好或电磁制动器有故障。

时间继电器 $2SJ$ 的延时整定过短，电动机再生制动的时间就短，系统在高速下制动，会使滑程增大。 $2SJ$ 延时过长，将使机械制动器过晚制动，也使滑程过长。一般 $2SJ$ 整定在 0.7s 为宜。

电磁制动器铁心有剩磁时，在剩磁吸力作用下，会使衔铁释放晚，使货物处于自由跌落状态而产生较大的滑程。此外，摩擦片太光滑，间隙过大，反作用弹簧力不足都会影响滑程。

(5) 电动机单相运行

当主回路中的某档接触器三相触头不能同时接触或者有某相触头损坏、脱落时，常常发生单相运行，通电时不能起动。但中、高速起动后，手柄扳回到低速档时，低速仍可转动，但负荷力矩小。同样现象也会发生在中、高速档中。

(6) 负载继电器引起的故障

负载继电器 ZJ 是经常引起故障的元件。主要是重载下高速运行，使电动机过热。在起货机管理中，应细心调整，注意监视。

例二·恒转矩交流起货机电气控制系统的常见故障检修

西门子恒转矩交流起货机电气控制线路如图 6-29。

1. 工作原理

当主令器 $b11$ 在 0 位时, 风门开关 $b12$ 闭合, 使得 $C16$ 有电, 风机电动机运行, 失压继电器 $d11$ 有电, $d11$ (13) 闭合自保, $d11$ (14) 闭合, 控制线路有电。 $C13$ 低速接触器有电, 主触头闭合, 做好一速运行准备。当主令器扳到上升第 1 档时, $d12$ (16) 常开触头闭合, 使 $C11$ 上升方向接触器有电, 主触头闭合。同时, $d14$ (24) 和 $C11$ (24) 闭合, 使 $C17$ 制动继电器有电, 使制动器线圈有电, 松开刹车, 在低速下运行。当主令器手柄由 1 档换到 2 档时, 使 $C14$ 有电, 在中速下运行, 同时 $d14$ 时间继电器有电, $d14$ (27) 延时闭合, 为高速作准备。再由中速推到高速时, $C15$ 有电, 主触头闭合, 在高速下运行。当由高速快速扳到 0 位时, 进行三级制动, 即: 由于 $C14$ 、 $C15$ 失电, $C13$ 和 $d15$ 有电, 低速绕组通电, 同时 $d15$ (18) 常闭延时打开, 仍保持 $C11$ 有电, 进行低速下再生制动, 这时由于 $C17$ 中的电容放电, 保持 $C17$ 动作, 进行再生制动, 当放电结束时, $C17$ 失电, 电磁刹车抱闸, 进行再生和机械联合制动。当 $d15$ 延时到, 常闭打开, 使 $C11$ 失电, 再生制动结束, 最后, 只有机械制动到停车 (即所谓三级制动)。当主令器手柄直接由 0 位扳到高速档。进行逐级延时起动, 即: 首先 $d12$ 有电, $d12$ (16) 常开闭合, $C11$ 有电, 同时 $C17$ 有电松闸, 进行低速起动。由于 $d12$ (24) 和 $C11$ (24) 常开闭合, 使 $d16$ 时间继电器有电, 其延时常开触头 $d16$ (26) 延时闭合 (即延时时间 0.25s 为低速起动时间), 延时闭合后, 使 $C14$ 有电, 中速起动同时 $d17$ 时间继电器有电, 其延时常开触头 $d17$ (27) 延时闭合 (即延时时间 0.5s 为中速起动时间), 其延时闭合, 使 $C15$ 有电, 在高速下运行。当主令器从上升高速档快速扳向下降高速档时。首先进行三级制动, 然后进行逐级起动。同上不重述。

2. 常见故障检修

1) 电动机过热, 甚至绕组烧毁

产生这种故障的原因主要有:

(1) 长时间过载, 操作过于频繁

由于装卸人员对货物重量估计不准, 同时, 又要提高装卸速度, 常常是起货机吊大于额定重量, 造成电机过流, 产生严重热量, 而且, 没有按操作规程要求即暂载率 25/25/25% 来操作, 操作过于频繁, 使电机发生过热。本电机的过载保护是由热敏电阻 $f1$ 和 $f2/3$ 来检测的。当在低速运行发生过载, 电机发热严重时, 在电机铁心内的热敏电阻 $f1$ 的阻值增加, 使 $U11d1$ 释放, $U11d1$ (13) 常开触点打开, 使失压继电器 $d11$ 失电, 控制回路失电, 起货机停车, 在中、高速的过载保护是由 $f2/3$ 热敏电阻的继电器 $U12d1$ 完成, 发生发热严重故障时, $U12d1$ 释放, 使得 $d14$ 失电, $d14$ (26) 常开触点打开, 使中、高速接触器 $C14$ 和 $C15$ 回路断开, 只能在低速运行。可见, 热敏电阻失效, 就无法进行过载保护。若 $d11$ 或 $d14$ 的触头熔焊或卡住打不开时, 也失过载保护。

(2) 电动机堵转

电动机发生堵转时, 定子绕组电流增加很大, 发热严重而且温升高, 造成堵转故障, 主要有制动器本身故障不能释放。制动继电器失效, 使制动器线圈得不到电, 就不能释放, 发生堵转。

在制动过程中, 三级制动配合不好, 也会发生低速堵转, 即 $d15$ 的延时时间太长, 而 $C17$ 中的放电电容容量减小就会造成低速堵转。

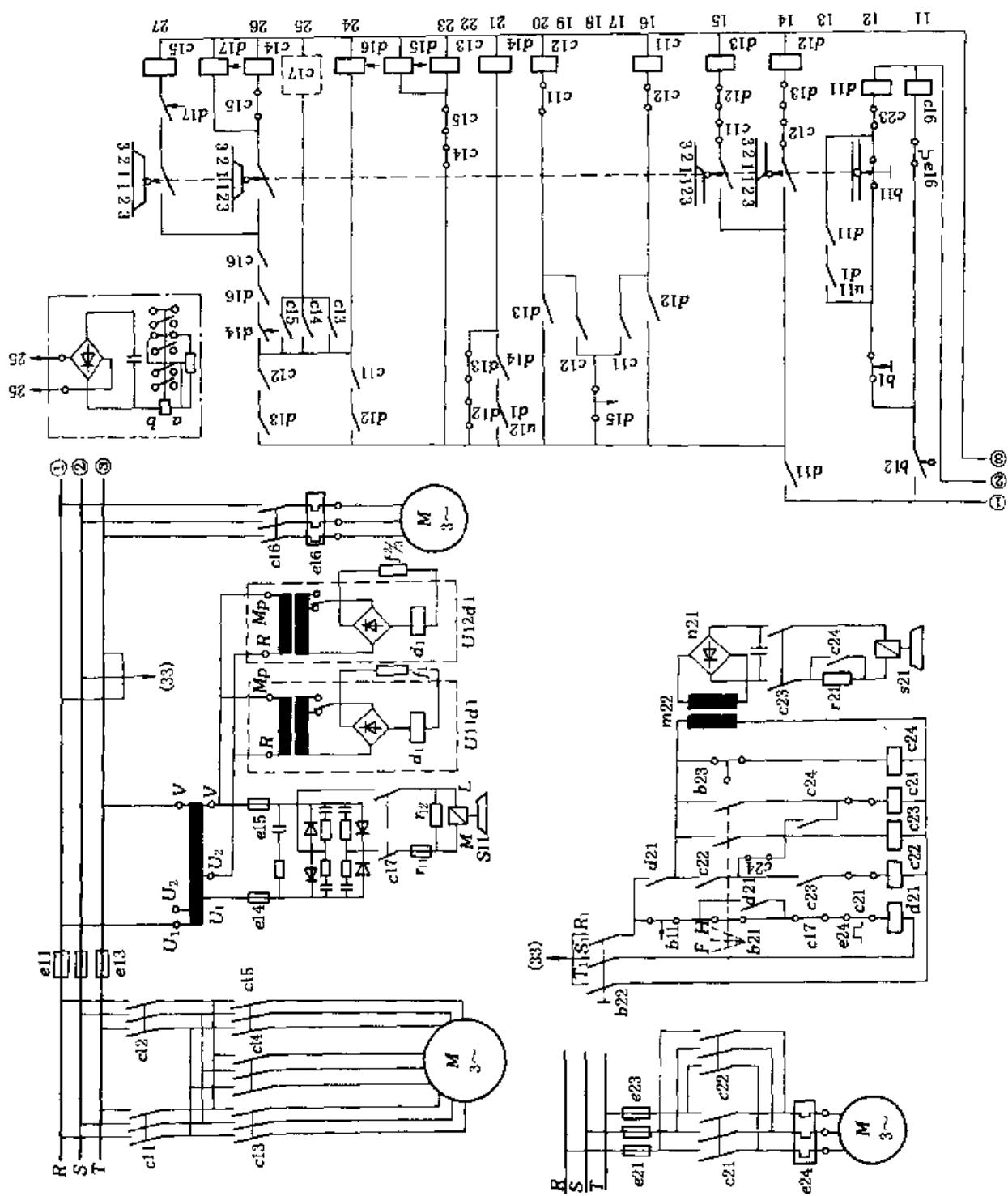


图 6-29 西门子短转矩交流起货机控制线路图

本系统为了防止启动时重物跌落，设计成低速绕组有电，进行堵转，后打开制动器，有短暂的堵转，如果制动器衔铁表面脏，引起释放慢，就会延长这种堵转时间，造成电机过热，引起电动机烧毁。

接触器触头熔焊打不开，某轮在停止作业时，曾经发生过这种故障，主令器在 0 位。由于 C11 触头熔焊，C13 在 0 位时得电，低速绕组接通形成堵转。造成电机发热严重，同时低速过载保护的热敏电阻失效，未能动作。最后造成电机低速绕组全部烧坏，转子导至熔化，并与定子绕组熔合在一起，电机报废。这给了我们管理人员一个教训，在停止作业时，应把电气设备控制回路、主电路切断电源。上述中若把风机开关 b12 打开或按下停机按钮，就使 C13 失电，就不会烧坏电机。若过载保护的热敏电阻不失效，也不会发生这种故障，所以，电气设备的保护措施应保持有效。

(3) 电动机本身故障

电动机定子绕组，轴承等发生故障也会出现温升过高的现象（见第五章）。

2) 电磁制动器温升高，摩擦片磨损过快

造成这种故障的主要原因有两个方面。

在控制线路方面有：再生制动时间继电器，延时时间太短，电动机再生制动作用小，使货机在高速下刹车，从而把高速动能全转化为制动器的机械热能，使其温升高，磨损快。若制动继电器中的放电电容减少，C17 释放快，造成机械制动过早投入，也是高速下制动，使其温升高磨损快。还有制动器线圈回路中的 r11 电阻值增大，造成衔铁吸合慢或半吸半开，造成刹车片磨损快，同样的，若 r12 阻值减少，分流多，也会造成这种故障。

在制动器本身有：间隙太小；不均匀；摩擦块变形；刹车盘变形；制动器的衔铁表面脏或有摩擦块的金属粉末吸附上，造成释放间隙不够大等都会造成运行时，摩擦块与刹车盘相摩擦，而发热和磨损严重，还有，制动器内弹簧力过强，线圈内部短路，吸力太小；弹簧断落使衔铁受阻间隙不均或变小等也是造成制动器过热和磨损过快的原因。

3) 控制系统失控

失控故障很多，我们对常见故障作简要分析。

(1) 扳动主令手柄，上升、下降都不能启动

这种故障是在上升、下降控制线路中的公共部分，重点要检查失压继电器 d11 和 d11 线圈回路中的停车按钮是否闭合好；主令器手柄在 0 位是否闭合。这时是否在调节吊杆位置，若调节吊杆，C23 的常闭打开，不允许吊钩运行，若没有就得检查 C23 (12) 的常闭触点是否闭合好。还有自锁回路的触点，自身的常开触点是否完好，过载保护的 U11d1 是否闭合好。

(2) 扳动主令手柄，只有单方向

这种故障是故障方向继电器 d12、d13、接触器 C11 或 C12 故障，首先应检查故障方向的继电器 d11 或 d13 本身和其线圈回路是否存在开路故障，然后检查故障方向的接触器 C11 或 C12 本身及线圈回路。还有应检查主令器的触点。

(3) 上升、下降均无中速和高速

发生这种故障的主要是 d14 (26)、d16 (26)、C16 (26) 的常开触点没有闭合或接触不良所造成。首先检查中、高速过载保护 U12d1 是否动作，若动作或失效，就会 d14 失电，没有中、高速，而且存在 C14 或 C15 会即吸即放现象，其次检查风机是否转动，若风机不运行，是不允许上中、高速，若风机运行，就得检查 C16 的辅助触点 C16 (26)，然

后，检查时间继电器 $d16$ ，看它的常开延时闭合触点是否闭合良好。

(4) 上升、下降均无低速

这种故障主要是由 $C13$ 接触器故障或 $C13$ 线圈回路断路所造成，应检查接触器 $C13$ 本身是否故障，其线圈回路 $C14$ 、 $C15$ 的常闭触点是否闭合良好。

其他的失控故障，如制动时滑程过大，电动机单相运行等可参照恒功率的相应故障的分析方法。

总之，电动起货机故障现象很多，原因也复杂。有的故障是控制线路本身设计缺陷引起的；有的是维护保养不周造成的。电气维修人员必须熟悉系统的工作原理，熟悉各元器件的作用，以及所在位置，这样，才能快速地诊断、排除故障。同时根据系统工作原理、特点，加强对薄弱环节的维护保养，才能使起货机利用效率最高。

表 6-1 所示为交流电动起货机故障及其原因。

交流电动起货机故障及原因 表 6-1

故 障 现 象	故 障 原 因
主令控制接通，正、倒车都不转	1. 电源电压不接通，电源线路有断点 2. 控制线路熔断器烧断 3. 制动接触器未动作或触头接触不良，刹车未松开 4. 主令控制器触头闭合不良或主令控制器损坏 5. 风门开关未接通 6. 温度继电器未复位或触头接触不良 7. 失压继电器触头接触不良 8. 应急开关接触不良
有正车而无倒车或相反	1. 方向接触器有一个出现故障 2. 某方向接触器触头接触不良 3. 主令控制器有故障
只有正车低速，而无中、高速	1. 主令控制器未接通 2. 风扇接触器副触头未闭合 3. 方向控制器副触头接触不良
主令手柄从高速档扳向零位时，电动机不停车。手柄反向，电动机仍正向运行	时间继电器 $2SJ$ 失灵或延时过长
滑程超过规定数值	1. 制动时间过长 2. 高速刹车 3. 摩擦片间隙过大，制动力矩小
恒功率起货机轻载不能高速运行	负载继电器失灵或整定值不对
电磁制动器不吸合，电动机发生堵转	1. 电磁制动器线圈断路或短路 2. 时间继电器 SJ 失灵
电磁制动器不释放	1. 摩擦片碎裂卡住 2. 加速接触器副触头未断开，使电磁制动器未断电 3. 制动接触器有故障
电磁制动力合后马上又释放	1. 换档时加速接触器交接不当，有中断 2. $5SJ$ 延时太短 3. 制动器线圈的经济电阻阻值过大 4. 制动器反作用弹簧弹力过强
电磁制动器发热	1. 制动器线圈有匝间短路 2. 摩擦片变形或片间间隙太小 3. 经济电阻阻值太小或串入太晚
摩擦片磨损过快	1. 片间间隙太小 2. 摩擦片质量不好，不耐磨 3. 电动机再生制动时间过短，发生高速制动 4. 摩擦片间隙不均匀，长期高速摩擦，定片变形

三、三输出直流发电机——电动克令吊电气系统故障检修

(一) 三输出发电机——电动克令吊电气系统的工作原理

由于克令吊具有操作灵活,工效高等特点,目前新造船舶大多数采用这种起货设备。克令吊由于升降、变幅、回转驱动力不同,可分为液压克令吊和电动克令吊。液压克令吊电气部分比较简单,由一台交流电动机恒速拖动液压机,由高压工作油泵驱动马达或油缸,使之工作。而电动克令,是由一台交流异步机拖动一台三输出的直流发电机,分别提供升降、变幅和回转的直流电动机,其电气系统原理图,如图 6-30 所示。原理与直流的 G-M 系统一

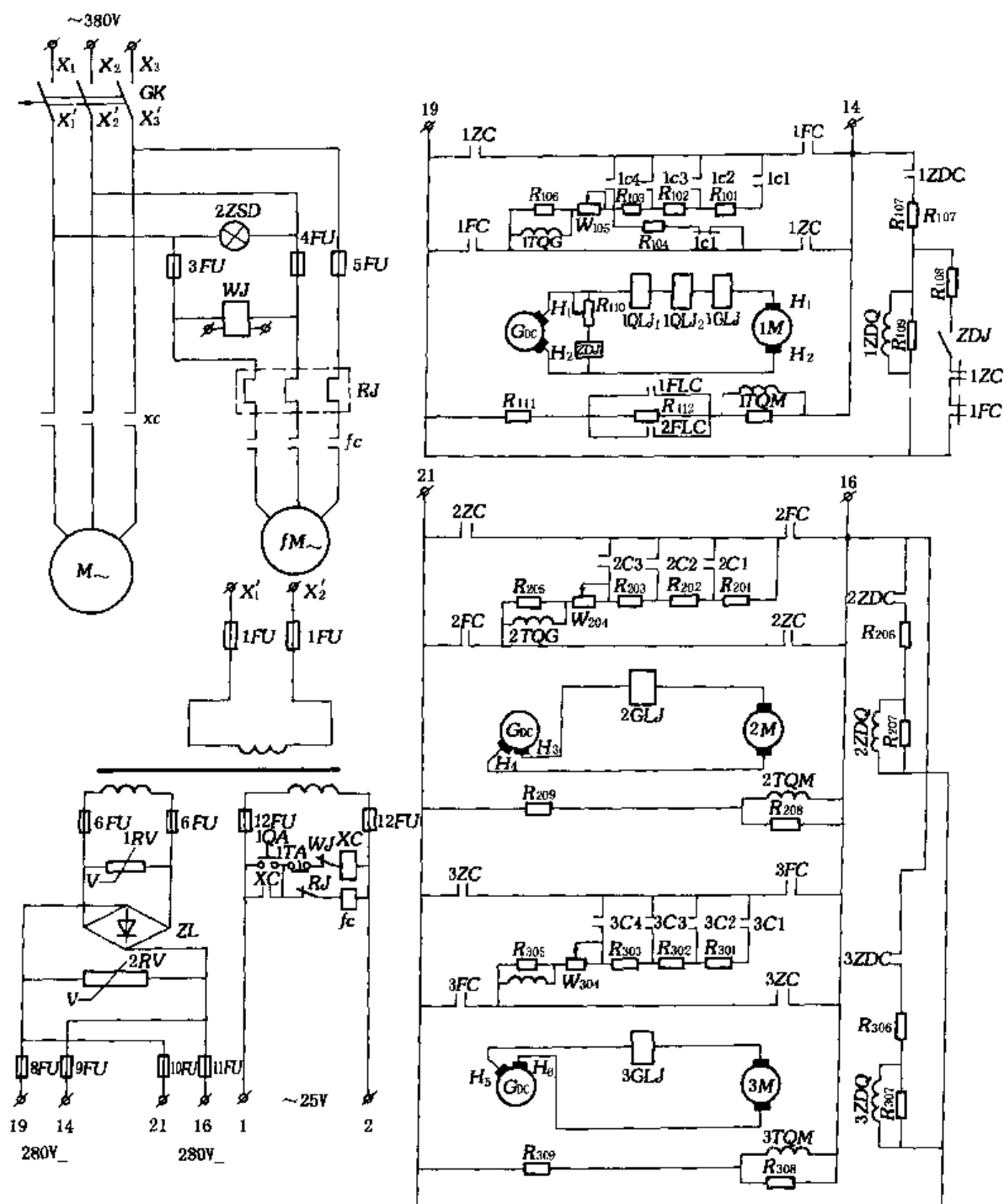


图 6-30

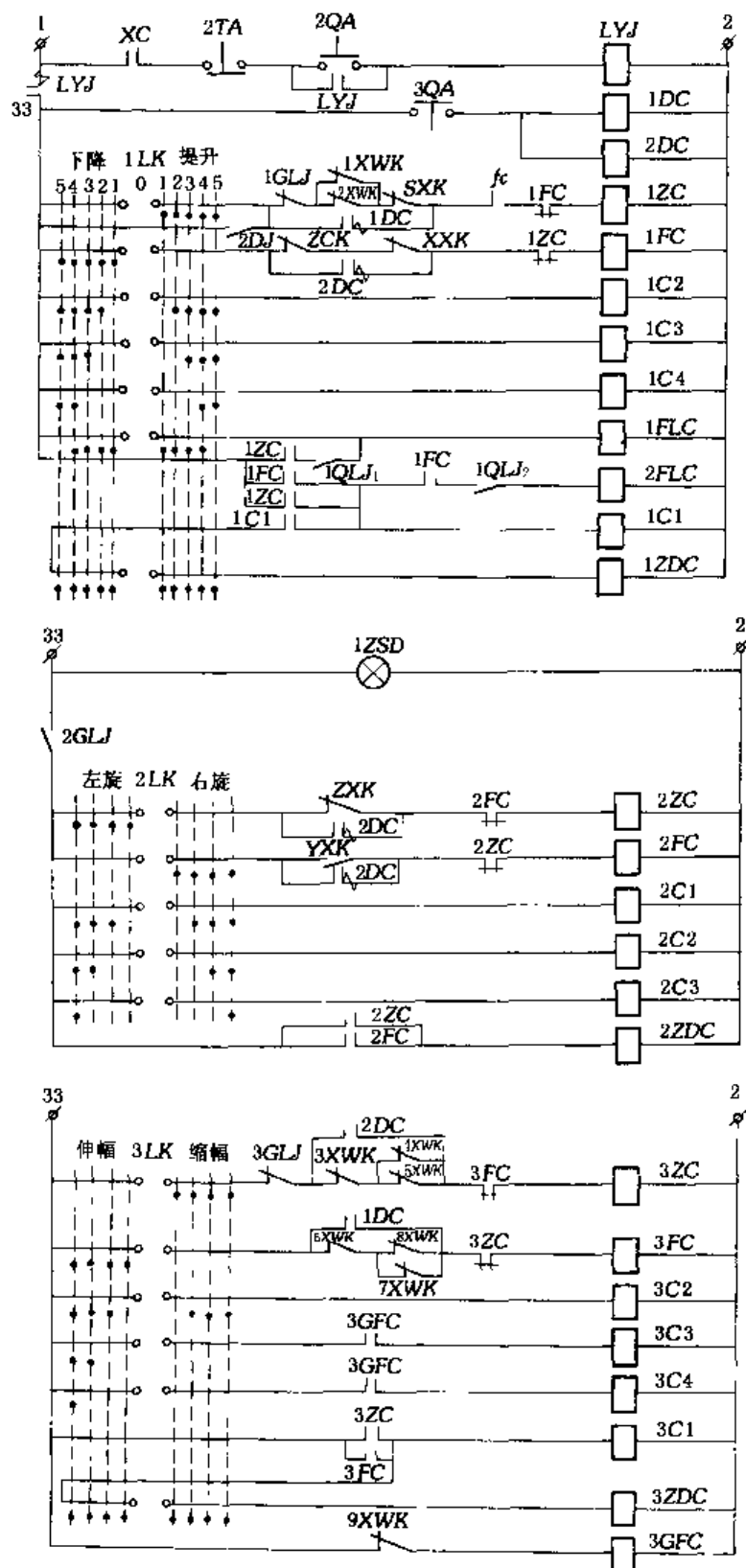


图 6-30 三输出发电机—电动机系统起货机原理线路图

样，只不过是把三台的直流发电机合并成一台，减少了占用空间，我们以吊钩为例，分析其原理：

空气断路器 GK 合上，按下起动箱上的起动按钮 1QA，使接触器 XC 有电，主触头闭合异步电动机起动运行，同时风机接触器 fC 有电，风机运转。

按主令器控制面上的起动按钮 2QA, 使失压继电器 LYJ 有电, 一个触点自锁, 另一个触点给控制线路提供电源。当主令器手柄扳到上升 1 档时, 使 1ZC 有电, 激磁回路接通, 同时使 1C1 有电, 把激磁回路的电阻都串入, 以最小激磁电流, 发电机输出电压低, 电动机在低速运行。同时从 1LK7 使 1ZDC 有电, 松开制动器。逐档扳动手柄, 就使得 1C1、1C2、1C3、1C4 分别逐次有电, 短接激磁回路电阻, 使发电机输出电压升高, 电动机转速升高, 当扳动到第 5 档时, 从 1LK6 使 1FLC1 失电, 使常闭触点断开 R112 串入电动机激磁回路, 使电动机弱磁升速。若发生负载大于 30% 的额定负载, 1QLJ1 负载继电器动作, 使得 1FLC1 有电, 短接 R112, 使系统回到第 4 档运行。同样的道理, 下降第 5 档也是使 1FC2 失电, 进行弱磁升速, 当负载大于 25% 时, 1QLJ2 负载继电器动作, 回到第 4 档运行。当从第 5 档快速回到 0 位时, 由于电动机转动惯量, 不能马上停车, 此时, 电动机就成了发电机, 当电动机的两端电压为 175V 时, 电气制动继电器 ZDJ 动作, 使其常开闭合, 增加制动器线圈的放电回路, 延长刹车时间, 使电动机在能耗制动, 同时, 防止制动器在高速下制动, 延长制动器摩擦块的使用时间。当发生过载时, 1GLJ 动作, 使 1ZC 失电。使上升操作作用失效。保护发电机—电动机。

变幅和回转部分工作原理相同, 请读者分析, 这里不赘述。

(二) 吊钩部分的主要故障检修

1. 各元件功能:

LYJ——零压继电器; 1FLC, 2FLC₂——轻载上高速 (即弱磁升速) 释放升速; 1QLJ_{1,2}——负载继电器 (当上升 $M > 0.3M_e$, 下放 $M > 0.25M_e$ 时动作); 1GLJ——过流继电器; ZDJ——电气制动继电器 (当回零档时, $U_{\square} > 175V$ 时, 动作); 1DC、2DC——解除 (上升、下降) 限位; XWK——吊钩最高限位开关; XXK——允许绳索放最长限位开关; SXK——提升绕筒绕吊索保护开关; 1ZDC——制动器接触器。

2. 常见故障检修

1) 上升、下降各档都不能起动

假定交流异步电动机运行正常, 导线连接良好, 根据这种故障现象可建造如图 6-31 的故障树。

检修方法: 一般来讲二重故障的概率比较小, 比如说, 正反转继电器 (ZC, FC) 同时发生故障的概率很小, 所以, 在分析故障时不考虑二重故障。其检查步骤:

我们采用割枝方法:

(1) 观察 LYJ 是否动作, 可直接观察 LYJ 衔铁是否吸合, 也可变换操作方法。试操变幅、回转, 若这些操作正常, 说明 LYJ、励磁电源、控制电源都是正常的, 若这些操作不正常, 首先检查 LYJ 是否动作。如果此时 LYJ 动作了, 而且各调速继电器动作了, 说明励磁电源部分故障, 重点检查熔断器 6FU~11FU, 变压器、整流器的励磁绕组 1TQF。

(2) 如果 LYJ 正常动作, 励磁电源正常, 就得先检查 1M 两端是否有电压输入 (可用低速档来测试), 若有电压, 说明直流电动机本身存在不能起动的故障, 应按第六章有关直流电动机故障检查内容进行。若无电压, 这时测试发电机的 H_1H_2 是否有电压输出, 若有电压输出, 说明主回路上 QLJ、GLJ 的线圈开路或连接部分脱落, 如果发电机无电压输出, 说明发电机本身有故障, 先检查励磁回路中励磁线圈是否开路, W_{105} 电阻是否开路, 最后检查发电机电枢绕组回路。

2) 有高速没有低速

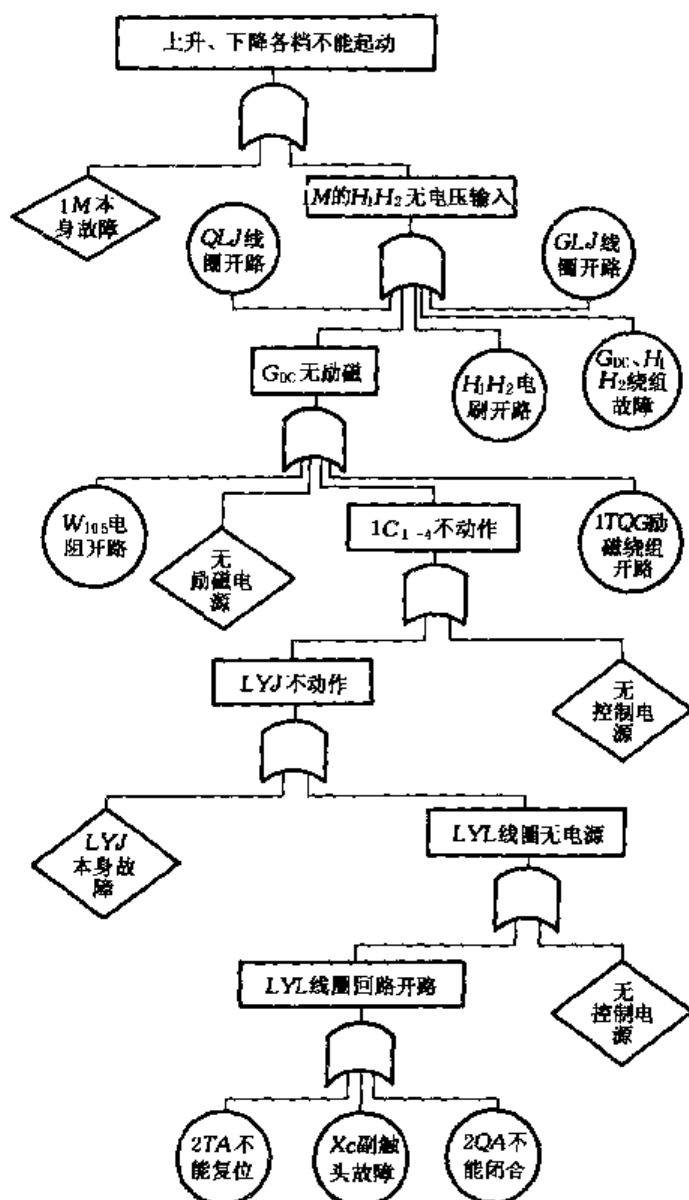


图 6-31 “上升、下降各档不能起动” FT

一般是调速电阻断路，如 4 档有，1~3 档没有，就是 R_{103} 开路，若有 3 档，无 2~1 档操作，说明 R_{102} 断路。

3) 各档转速均减小

一般是 W_{105} 电位器阻值增大，或者 1C 的常闭触头没有打开。如果这些都正常，那么， G_{DC} 输出电压低或 1M 转速低的故障，参照直流电机故障检修。

4) 运行中 1M 突然停转

出现这种故障，首先改变操作方式（上升改为下降或下降改为上升），看是否限位继电器保护动作或误动作，如果操作无效，就得按 1 故障来检修。如果单方面操作有效，说明 1ZC 或 1FC 线圈回路中有关元器件存在开路故障或者其本身失效，分别检查有关元件。

5) 运行中 M 突然停转

这种故障检查与磁力起动器类似的故障方法一样，首先检查温度继电器 WJ 是否释放，其次检查有无控制电源、XC 本身以及 XC 线圈回路上的元件是否存在断路故障，最后检查电动机 M 本身。

当然还有其他故障,如轻载不能上高速、制动器发热、磨损过快、失控等,可仿照上述方法分析,这里就不一一分析。

(三) 回转变幅部分的常见故障检修

回转、变幅两部分的工作原理与起货部分的工作原理一样,线路大同小异,所以,故障相似,其检修方法也一样,这里不赘述,可参照起货部分进行。

此外,电磁制动器的故障检修参照交、直流电动起货机制动器检修。这里不赘述。

总之,这种三输出 $G-M$ 系统克令吊,控制原理简单,控制元件都在较小电流和电压下运行。所以,相对于大电流、高电压运行的故障要少一些,元器件的寿命也长一些。尽管这种克令吊结构复杂、投资大,但是目前厂家和船东都偏向采用这种克令吊,据有关资料报导,日本出口船舶上占 40%~50% 采用这种起货设备。我国揭阳电机厂和上海电器研究所共同开发这种产品。

四、AEG 型无级调速克令吊的故障检修

随着电子技术的发展。AEG 公司采用电子调节和晶闸管控制 $G-M$ 系统的激磁,以达到无级调速目的,我们以 AEG-TELEFUNKEN 克令吊为例,说明故障检修方法。

AEG-TELEFUNKEN 克令吊的工作原理

它是由三部分组成:吊钩、变幅、回转。吊钩部分是采用电子调节器和晶闸管电子元件控制,其余两部分分别为接触器式控制,这两部分可参照三来检修,这里仅讨论吊钩部分。

吊钩的电动机在额定转速以下采用恒转矩调速,在额定转速以上用恒功率调速。其控制原理图,如图 6-32 所示。

1. 图中符号名称和功能

ZL : 主令控制器所带的调速电位器和方向微动开关;

U_3 : 发电机励磁电流 I_{GF} 的控制器。它由 3 部分组成,第一部分为输入信号限幅器,第二部分为加法器,综合给定转速和电枢限制的反馈信号。第三部分为 PI 调节器,来维持激磁电流恒定。

$2U_{20}$, $2U_{10}$: 晶闸管触发器和晶闸管桥式整流器;

U_4 : 由三个部分组成: $U_4 \cdot f_1$: 为直流发电机 G 磁场电流 I_{GF} 反馈环节; $U_4 \cdot f_2$: 为电动机 M 磁场电流 I_{ME} 反馈环节,与 $U_4 \cdot f_1$ 相同;第三部分 $U_4 \cdot V_1$ 为反比例器,用于控制 M 弱磁升速。

U_5 , U_{5a} : 电枢电流限制环节;

U_6 : 电动机 M 励磁系统的 PI 调节器与 U_3 相似;

U_7 : 转矩检测环节;

控制部分除了上述电路外,还有 4 个电路(图中未画出):

U_1 : 稳压电源,为整个控制部分提供 $\pm 12V$ 直流电源;

U_2 : 微继电器组件板;

U_9 , U_{10} : 同步控制电路,以控制从动吊同步运行。

2. 工作原理简述

当扳动主令器上升位置时,图 6-32b) 中 d_1 得电,瞬时闭合,使 $C1$ 有电,闭合发电机的激磁回路,同时,使 $C16$ 有电,其常开触头闭合,使制动器有电,松开刹车。移动主令

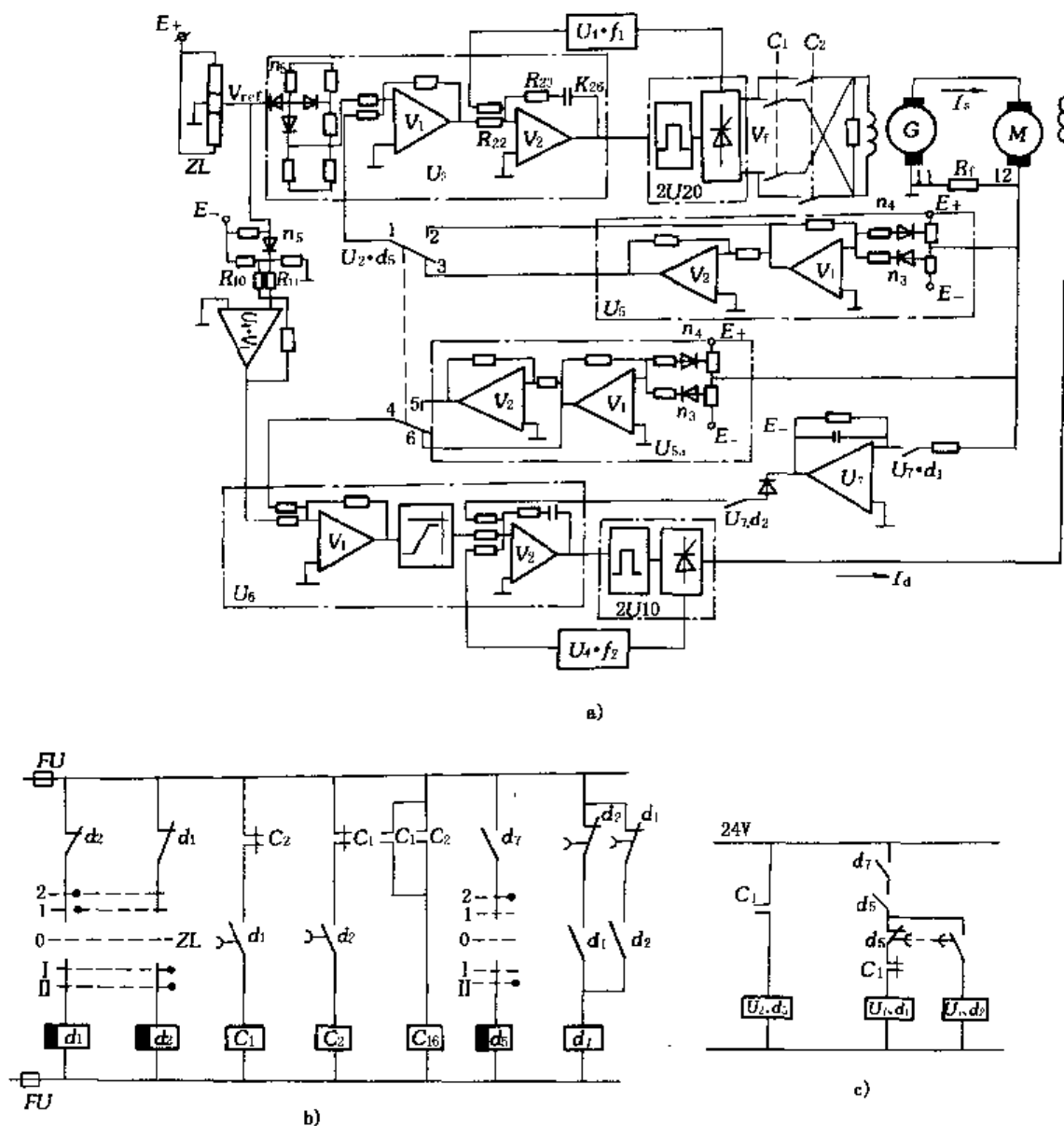


图 6-32 AEG-TELEFUNKEN 吊钩控制原理图

手柄，则 ZL 输出电压 V_{ref} 不断升高。给定电压 U_{ref} 分两路送出，一路送给发电机激磁调节单元 U_3 的限幅器、加法器，至 PI 调节器。由于这时 $I_{GE} = 0$ ， PI 调节器 V_2 的输入端只有给定电压 V_{ref} ，它使 PI 调节器 V_2 的输出端渐渐增加，这一电压加到 $2U20$ 使 SCR 导通角增大，使得发电机的激磁电流 I_{GE} 增加。 I_{GE} 建立后， $U_4 \cdot f_1$ 有反馈电压 $V_{GE \cdot f}$ 输给 PI 调节器，进行调节作用，当 $V_{GE \cdot f}$ 与 V_{ref} 相等时，调节器的输出不变，使 SCR 导通角不变，发电机的激磁电流 I_{GE} 保持在一定值，吊机以与 V_{ref} 对应的速度稳定运行。当 ZL 输出电压 V_{ref} 达到 U_3 的限幅值时， $U_3 \cdot n_5$ 截止，使得限幅器输出不变，这样 PI 调节器的输出不变，保持发电机的激磁电流为额定值。

ZL 的另一路输出到一定值时，使 $U_4 \cdot n_5$ 二极管导通， $U_4 \cdot V_1$ 将 V_{ref} 倒相放大后，使 U_6 输入减小，通过加法器、限幅器和 PI 调节器的调节作用，使触发器的触发角后移， SCR 导通角减少，从而使电动机 M 的激磁电流减少，电动机弱磁升速。

当发生过载时，即电机电枢回路 I_s 超过额定值。电枢回路上 R_f 的电压降将增加，与参考电压比较，当大于限幅值时，二极管 $U_5 \cdot n_3$ 、 $U_{5a} \cdot n_3$ 或 $U_5 \cdot n_4$ 和 $U_{5a} \cdot n_4$ 导通。以上升

为例： $V_{\text{ref}} > 0$ ，当负荷达到一限制值时， V_{ref} 使 U_5 和 U_{5a} 的二极管 n_3 导通，使 U_5 、 U_{5a} 分别有负、正信号输出， U_5 的负输出在 U_3 加法器进行相加，相当于减少 V_{ref} ，从而使发电机的激磁减少，端电压下降，而 U_{5a} 的正信号，在加法器 $U_6 \cdot V_1$ 综合，因为给定电压通过反向器 $U_4 \cdot V_1$ 变为负信号与 U_{5a} 的正信号相抵消一部分，即减磁信号减少，使得电动机增加激磁，从而限制了电枢回路电流。

当主令器手柄回到 0 位时， V_{ref} 突然为零，但 I_{GE} 不能突变，则 $U_3 \cdot V_2$ 输入还有 $V_{\text{GE} \cdot t}$ ，使 PI 调节器退出积分，使 PI 调节器输出减少， SCR 导通减少，发电机激磁减小端电压小于电动机的两端电压（因为电动机的转动惯量使此时电动机处于发电状态），使电动机进入再生制状态，当 d_1 的常开触头延时打开的时间到时，打开使 C_1 失电，发电机激磁回路与 $2U20$ 断开，发电机没有输出电压，电动机进入能耗制动，同时， C_1 的常开触头打开，使 C_{16} 断电，使制动器失电，进入机械制动，使吊钩停车。

当 ZL 在恒功率段时，使时间继电器 d_5 有电，它的瞬时闭合的常开触点闭合，常闭的延时 1s 打开，在这一秒钟内，使 $U_7 \cdot d_1$ 有电，使 U_7 检测负荷大小，即电枢电流 I_s 的信号，在 U_7 上积分，积分的电平与功率成正比。然后 d_5 延时到，使 $U_7 \cdot d_1$ 释放，同时 $U_7 \cdot d_2$ 得电，把积分电平加到电动机激磁调节器 $U_6 \cdot V_2$ 输入端，从而确定弱磁程度。

下降工作原理与上升相似，只是 d_2 和 C_2 动作， d_1 和 C_1 释放。

3. 常见故障检修

(1) 吊机不能起动

这种故障几乎都是 U_3 或 $2U20$ 损坏造成的。 U_3 的故障一般都是在两只运算放大器上，任何一个运算放大器损坏都会造成 U_3 无输出。 U_3 的运算放大器为 SN52709，它相当于 UA709，可用国产 F709 代换。这种运算放大器需 RC 补偿网络，输出端无过载保护，运放一旦过热就会损坏。因此，最好选用 UA741 或国产的 F007。把 2、3、4、6、7 脚对应焊好，1、8、5 脚悬空即可。 $2U20$ 损坏不易修理，它的触发系统全用树脂封死，无法打开，可用国产触发器替代， SCR 损坏，更换 SCR 器件。

(2) 扳动主令器手柄，只能有单方向

这种故障主要是由于故障方向的有关的继电器故障引起的，应检查主令器的故障方向的微动开关，时间继电器 d_1 和 C_1 或 d_2 和 C_2 ，以及这些继电器线圈回路是否存在开路故障。

(3) 吊钩转速降低

除了过载造成转速降低外， U_3 、 $2U20$ 、 $U_4 \cdot f_1$ 器件故障，也会造成转速下降。如 U_3 、 V_1 的比例电阻变质， PI 调节器参数变化， $2U20$ 的触发器中正半波或负半波触发脉冲丢失， SCR 有一个桥臂开路； $U_4 \cdot f_1$ 的反馈量取太大等等都会使直流发电机的激磁电流减少，造成吊钩转速下降。应重点检查这些器件。检查方法：首先进行静态检查，即把图 6-32b) 辅助控制线路回路的保险丝取下，然后测量 U_3 的输出端电压， $2U20$ 的输出电压，并记录。把测量所得数据与说明书要求比较，若没有资料可比较，采用整机比较法，对完好的吊机也测量这些参数，然后一一比较。若 U_3 输出偏小，可调节 R_{22} 或 R_{23} ，若故障机的 $2U20$ 输出偏小，就得更换 $2U20$ 单元。若静态检查正常，就得动态检查。在 $2U20$ 的输出端串入一个直流电流表（量程为 10A），操主令手柄，电流的读数应从 0~5.4A 变化。比这个值小，应调节反馈环节可调电阻，慢慢地调到手柄在 I 段（恒转矩段）， $I_{\text{GE}} = 5\text{A}$ 即可。若 $2U20$ 输出的电流在 0~5.4A，说明直流发电机 G 发生端电压下降的故障，参照第五章直流电机故障检修来检查。

(4) 制动时货物滑程过大

滑程过大的主要原因是再生制动与机械制动配合不好或电磁制动器故障。再生制动的时
间是由 d_1 或 d_2 (下降) 时继电器来决定, 延时时间太短, 再生制动没有发挥作用, 高速下
机械制动, 造成滑程过大, 延时时间太长。再生制动时间太长, 也会引起滑程过太。

电磁制动器引起滑程过大, 参照本节的“三”的(一)。

(5) 起吊超重大件时, 上升正常, 而下降时, 吊货电动机飞车

我们先分析造成这种故障原因。在起吊超重大件时, 上升正常, 是由于本吊钩具有限流
环节, 其原理见过载保护。而下降时, 发电机的激磁电流 I_{GE} 方向变反, G 发生电势方向也
变反 (即下“+”, 上“-”)。那么电枢电流

$$I_s = \frac{-E_G + C_e \Phi n}{R_z}$$

式中: R_z ——发电机及电动机电枢回路总电阻;

E_G ——发电机电势;

C_e ——电势常数;

Φ ——电动机磁通;

n ——电动机转速。

刚起动时 n 很低, $|E_G| > |C_e \Phi n|$, $I_s < 0$, 根据拖动方程, 这时电磁转矩与负荷转矩
同方向, 所以:

$$M + M_{LZ} = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$$

$\because \frac{dn}{dt} > 0$, 电动机加速, 当 n 超过理想空载转速后, 则 $|C_e \Phi n| > |E_G|$, 电动机变成发
电机, 发电机成为电动机, 驱动异步电机, 使异步电机成为发电机把货物的位能馈送到电
网。电枢回路的电流 $I_s > 0$ 。这时, 电动机中的电磁转矩成为阻力矩, 与负荷转矩方向相反,
所以:

$$-M + M_L = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$$

电动机 M 进入再生制动。当 $M = M_L$ 时, 电动机 M 稳速下降, 由此可见, 下降时,
只有在刚起动时, I_s 方向与上升相反, 当进入再生制动时, I_s 方向与上升时相同。当超重
货物下降时, I_s 增大到限制值时, U_{Rf} 使 U_5 、 U_{5a} 中的 n_3 导通, 就引入限流控制。即这时
上升接触器 C_1 释放, 使 $U_2 \cdot d_5$ 失电, 其触点 (1~3)、(4~6) 闭合, 使 U_5 输出正信号,
 U_{5a} 输出负信号。这时, U_5 输出的正信号使 I_{GE} 进一步增大, 使发电机 G 的反电势 E_G 增加,
来限制 I_s 以保护发电机电枢。而 U_{5a} 输出负信号, 使电动机 M 的励磁进一步减少, 使此时
处于发电机状态的电势 $E_M = C_e \Phi n$ 减少, 来限制电枢电流。起着过流保护作用。但是, 由
于限流作用, 使电枢回路 I_s 保持在一定值。电动机的磁通减少, 那么, 电动机的电磁阻力
矩 $M_{Limit} = C_M \Phi I_s$ 比上升时驱动限制力矩小, 所以, 这时 $M_L > M_{Limit}$ 就会造成电动机飞车。
为了防止这种故障发生, 必须限制货物重量, 严禁超载运行。在额定负载下, 电枢电流 I_s
都小于限制值。所以, U_5 、 U_{5a} 中的 n_3 、 n_4 截止, 不会造成下降飞车现象。

(6) 起动冲击电流大, 过流保护跳闸

造成这种故障的主要原因是: U_3 的 PI 调节器前存在一个误差信号, 如主令器在 0 位
时, 输出一个误差信号或 V_1 存在误差信号输出。都会使 PI 调节器进行积分。即使主令器

在 0 位, 都会使 U_3 有输出, 随着时间推移, U_3 输出就会越来越大, 甚至积分到饱和值, 一旦起动, 手柄离开 0 位, 即使给很小的起动电压 V_{ref} , U_3 输出电压也是很大, 使 SCR 导通角很大, 使发电机输出电压很大, 而电动机还没有转动起来, 反电势很小, 必然造成电流很大, 而引起过流保护动作。

检查方法: 首先测量主令器手柄在“0”位时, 输出是否为 0, 不为 0, 应调节中心点, 若为 0, 可能是 V_1 “零漂”引起的, 在 V_2 的输入端加一个补偿电阻 R_{bc} , 以抵消前级“零漂”一般取 $800k\Omega$ 左右。如果效果不好可将其阻值再减小些。同时, 停车长时间不用时, 应及时切断控制电源。

另外运算放大器 RC 补偿网路损坏会造成运算放大器自激, U_3 初始电压不为零, 这时除加 R_{bc} 补偿“零漂”外, 还应更换 RC 网络。

(7) 空车速度快, 吊重上升时出力不足

这种故障一般都是电动机激磁电流 I_{ME} 太小造成的。由于电动机的激磁电流 I_{ME} 太小, 使得电动机的磁通变小, 而驱动力矩 $M = C_m \Phi I_s$, 在外界负载一定时, 为了驱动负荷必须使 I_s 增加 (相对于正常时), 当 I_s 增加到限流值时, U_5 、 U_{5a} 中的 n_3 导通, U_5 输出负信号, 使 I_{GE} 减少, 减少发电机端电压, 从而限制电流再进一步增加, 而 U_{5a} 输出正信号, 抵消主令器来的负信号, 使得减磁量减少, 相对于限流动作前, 这时电动机的磁通有所增加。只要外界负载力矩小于或等于这时驱动力矩, 电动机就可起货, 但明显转速下速 (即出力不足)。若这时 U_6 单元失效, 电动机就不会比限流动作前的磁通增加。负载没有达到额定值, 电动机就会发生堵转。所以应重点检查电动机激磁控制回路 U_6 的 V_1 和 U_4 的 V_1 。若 $U_6 \cdot V_1$ 或 $U_4 \cdot V_1$ 损坏, 没有输出电压, 限幅器只输出一个最小限幅电压, 使 I_{ME} 为最小允许值。从而造成出力不足故障。

其次, 若 U_{5a} 的 n_3 击穿, U_{5a} 的 V_1 的输入为负信号, 所以 U_{5a} 的输出为负信号与 $U_4 \cdot V_1$ 输出同相, 增加减磁量, 使电动机出力不足。

第三, 若 $U_5 \cdot V_1$ 倒相后, 变为负信号, 减少发电机激磁, 使端电压下降, 使得电动机出力不足, 检查方法: 首先检查 U_5 , U_{5a} 的 n_3 是否击穿, 如果完好, 只需更换 U_6 的 V_1 或 U_4 的 V_1 即可排除故障。

五、晶闸管控制交流绕线式异步机的起货机故障检修

由于 $G-M$ 系统存在效率低, 初投资大等缺点, 为此, 采用晶闸管控制交流电动起货机。它具有设备体积小, 重量轻, 效率高等特点。我们以法国 BLM 公司的专利产品——Thyridrive A 系统为例说明如检修这种克令吊。它的吊钩, 变幅和回转三个部分都是采用同一控制方案: 即改变交流绕线式异步机端电压来调节转速, 以改变转子回路电阻来满足转矩要求。其控制原理方框图如图 6-33 所示。

(一) 工作原理简述

当操纵主令器手柄时, 主令器⑤就输出给定速度信号, 首先与测速发电机⑥测得的转速负反馈信号进行比较, 得到的误差信号 Δn 一路送给速度调节器⑧进行调节, 使得电动机维持在给定转速下运行。另一路送给转子回路电阻控制逻辑电路④, 转子回路电阻控制逻辑电路根据这个偏差信号 Δn 和实际转速转号进行对转子回路电阻的控制, 以达到最大加速力矩进行加速或减速。由电流互感器①检测的电流负反馈信号与速度调节器送来的信号在比较器⑨进行综合, 然后送给电流调节器调节, 输出控制可关断晶闸管导通角, 从而达到调压和调

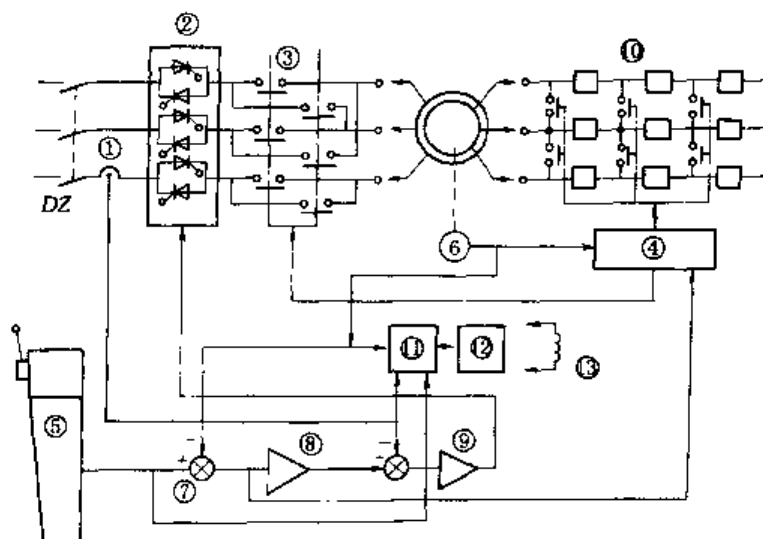


图 6-33 Thyridrive A 系统方框图

转矩控制的目的。实际上它也是一个双环调节系统。⑪是制动逻辑电路。它根据主令器给出的信号和实际转速信号判别是制动操作，还是加速操作，若给定信号为 0，实际转速小于 300r/min 时，只有制动逻辑电路⑪才允许电磁制动器进行机械制动，否则，不允许机械制动，应先电气制动，只有电气制动到小于 300r/min，才能进行制动，防止制动器在高速下制动，而加快摩擦块磨损。如果给定信号不为 0，而实际转速反馈信号为 0，说明是加速操作，为了防止吊机在起动时，发生货物跌落，由电流互感器送来的电流达到 0.8 倍额定值时，制动逻辑电路⑪才允许电磁制动器松开刹车盘。

(二) 故障检修

1. 扳动主令器手柄，电动机不起动

造成这种故障主要是电动机得不到电源或电动机本身存在不能起动故障（可参照电机维修章节来检修）。电动机得不到电源，可能是：(1) 空气断路器没有合上；(2) 可关断 SCR 没有导通；(3) 主接触器③没有关上；而可关断 SCR 没有导通，就有可能是本身故障或者没有触发脉冲，造成没有触发脉冲，可能是触发器本身故障或者没有输入信号，……这样演绎下去，就可得以该故障为顶事件的故障树，如图 6-34 所示。检查方法：首先检查接触器③闭合与否，若闭合，测电动机所加的电压，若没有电压，说明 SCR 没有导通，此时应检查主令器输出，若无输出说明主令器故障，若有输出，测电流调节器的输出，若无输出，说明前几级的放大器有故障，若有输出，说明触发器或 SCR 有故障。

2. 扳动主令器手柄，只有单方向

这种故障主要原因是：主接触器故障或转子电阻逻辑电路④故障，应检查这些器件。

3. 转速偏低

这种故障主要原因可能有：转子电阻控制逻辑电路故障，使得转子电阻没有切除，造成机械特性软，使转速偏低；触发器故障，使得触发脉冲后移，造成端电压下降。

此外，电流调节器输出比正常时偏小，也会造成转速偏低，这时应检查电流调节器，以及它之前的有关器件。

4. 起动冲击电流大，过流保护动作

这种故障主要原因是：电流 PI 调节器前存在一个误差信号，使得电流调节器的“积分电容”，缓慢充电，从而使电流调节器手柄在 0 位时，就有一个输出电压，只要主令控制器

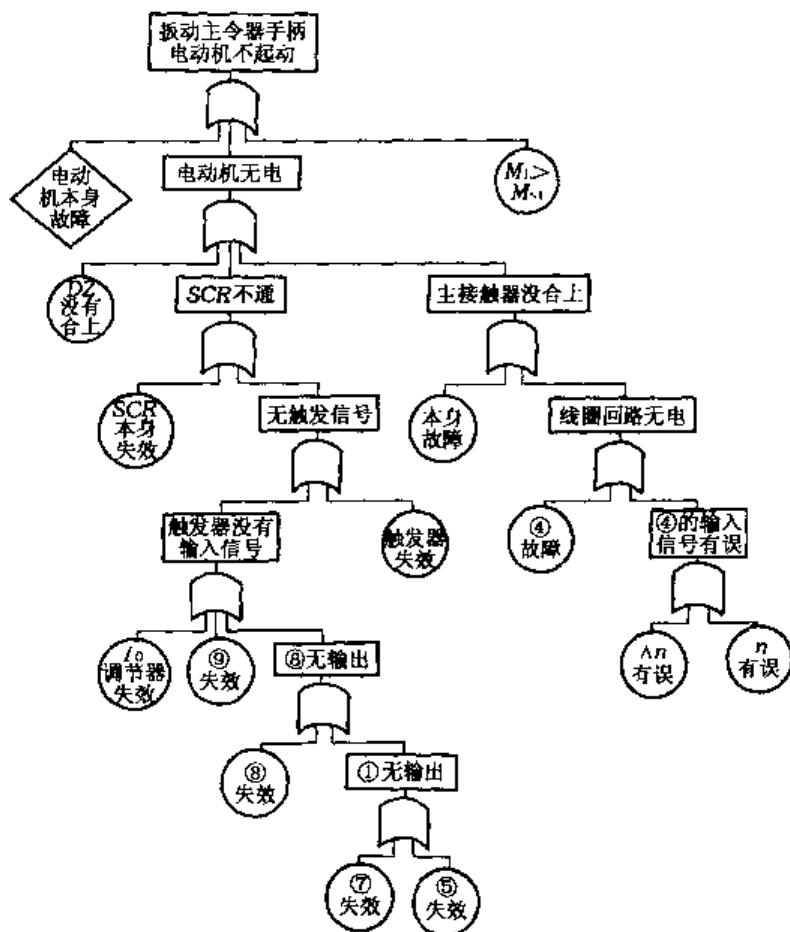


图 6-34 扳动主令器手柄，电动机不起动故障树

⑤扳动很小，即给定电压很小，但电流调节器已经积分很高的输出电压，只要接触器主触头一闭合，电动机就会加上较高电压，使得起动电流很大，造成过流保护动作，所以，应检查电流调节器前各器件，并校正零点。就可排除这种故障。

六、并吊系统的故障检修

船上为了起吊超重货物，往往把两台克令吊并联同步起吊。并吊系统按克令吊的控制方案可分为继电式和电子式，它们的基本原理就是检测两吊的转速，根据转速偏差来自动调节，使两台转速一样，所以，并吊系统主要是解决如何检测转速偏差，如何控制使其转速一样问题。

例一 继电式并吊系统的检修方法

继电式双吊同步控制系统原理图，如图 6-35 所示。它只是吊钩同步控制的一部分，吊臂同步控制与吊钩同步控制完全相同，这里只以吊钩同步控制系统为例来说明同步原理和检修方法。

1. 同步控制工作原理

在主吊控制室把切换开关打到并吊位置时，并吊控制系统就有电，同时从吊上主令器失去作用，从吊上的有关元件都与主吊上元件并联，由主吊上的主令器控制，使之实现同步运作，而吊钩发电机的激励都是同一档引出，照理说，发电机输出的电压是一样，吊钩电动机的转速也是一样，实际上并非如此，由于从主吊引到从吊各导线有附加电阻，发电机特性也不可能完成一样，两台机械阻力也不一样，所以，两吊钩电动机转速就可能存在偏差，这个

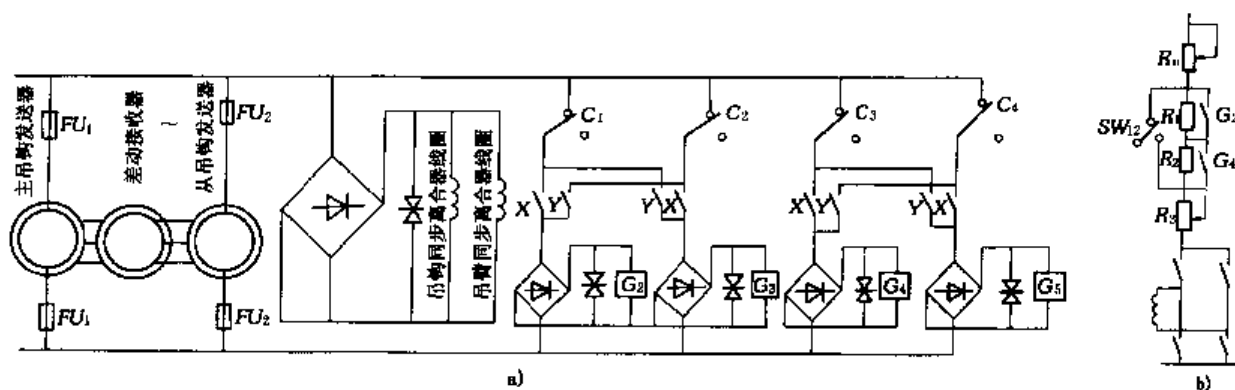


图 6-35 继电器接触器式双吊同步控制系统原理图

a) 同步控制系统; b) 发电机励磁回路

偏差是由分别装在两台吊钩索卷轮同轴的发送器的转差检测机构检测出来。当转速相等时，两发送器产生三相交流电压同相位同频，在差动接收机上定、转子三相绕组产生的旋转磁场是同步的，没有驱动力矩，接收机转子就不会转动，凸轮轴在零位，凸轮轴上的微动开关 $C_1 \sim C_4$ 如图处于闭合状态。 $G_2 \sim G_4$ 有电，常开触点闭合，把调节电阻 R_1 、 R_2 短接。当发生转速不相等时，比如说主吊钩转速大于从吊钩转速，主吊钩发送器产生的三相交流电压的相位超前于从吊钩发送器所产生的，在差动接收机产生的旋转磁场达到幅值的时间比从吊在差动接收机中所产生的就快，这样带动转子向左方向转动，使凸轮轴上的微动开关 C_1 顶开，使 G_2 失电，使主吊电动机的发电机励磁回路串入一个 R_1 ，减少发电机励磁，从而使电动机降速，使之同步，若还存在偏差，差动接收器继续转动，带动凸轮轴，把 C_3 顶开，使 G_4 失电，把 R_2 再串入发电机励磁回路，减少发电机励磁电流，从而使电动机再减速。若还存在偏差，说明系统存在严重不同转速，系统无法调节，差动接收器继续向左方向转动，使凸轮轴顶开 C_6 ，使 ET 继电器（图中没有画出）失电，从而并吊失去作用。反之亦然， G_3 、 G_5 作用，使从吊吊钩发电机减少励磁电流，从而使从吊电动机降速，使之同步。

2. 故障检修方法

(1) 当进行并吊操作时，一操主令器，并吊保护就动作

发生这种故障，说明两吊转速可能偏差太大，系统无法调节。这时，应当把主吊钩发送器和从吊钩发送器激励回路保险丝拔掉，然后，进行并吊试验，并吊横杠一下就倾斜，说明两台转速偏差太大，这时，应调节 R_3 ，使两台转速调到基本相等后，再投入并吊。若此时转速偏差不是太大，说明有一个发送器故障或接收器故障，以及与此对应的引线有开路故障。其故障常发生在连轴器上止动销断开，励磁刷尖磨损、变形、接触不良等。引线断开也时有发生。检查时请注意这些薄弱环节。

(2) 并吊不同步

当并吊运行一段时间后，并吊保护起作用，并吊横杆倾斜厉害，说明并吊调节电阻还不过大。先检查微动开关，看它是否动作正常，若正常，这时，按上面方法，增大 R_1 或 R_2 。还有整流桥或控制继电器 G 故障，也会出现这种情况，此时，只需在手柄零位时， $G_2 \sim G_4$ 都应当闭合，若有不闭合，说明它本身有故障或线圈回路有开路故障，只需检查对应凸轮轴微动开关，上升、下降的方向继电器 X 、 Y 的整流桥和继电器线圈等。

最后应当指出：这种继电器式并吊系统，并吊切换开关接触不良，也会引起并吊系统失效。吊机的各种保护误动作等常常引起并吊系统联锁保护。因此，应按具体的并吊控制系统

线路图，并试验操作等方法，找出故障出在哪一个环节上。总之，检修这种并吊控制系统要熟悉线路原理，各有关器件动作过程或顺序，各切换开关闭合断开状况，这样，才能有的放矢，寻找故障原因和故障部件所在。

例二 电子式并吊系统的检修方法

图 6-36 是 AEG 型电子调速系统的克令吊的并吊控制单元。

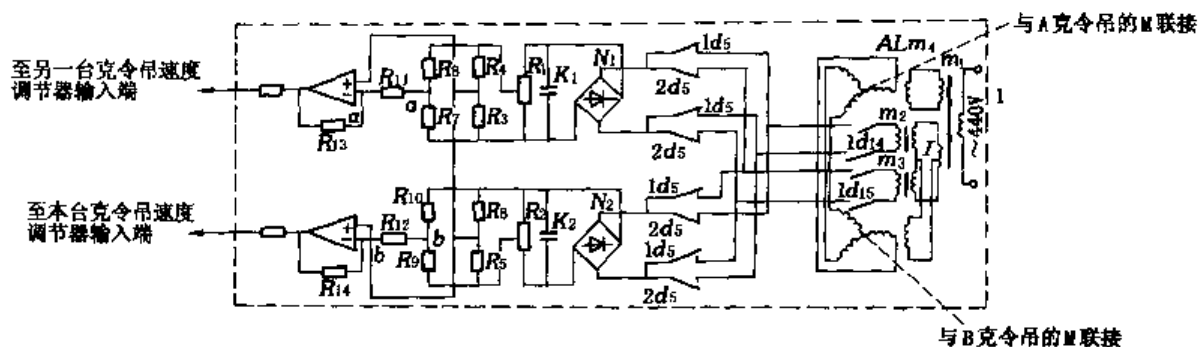


图 6-36 AEG 型电子调速系统的并吊控制单元原理图

1. 同步控制工作原理

图 6-36 是两台吊钩或吊臂电动机的转速偏差检测单元，偏差信号发生器是由两台自整角机 *ALM* 和 *BLM* 分别装在钢丝绳卷轮轴上，安装方法与继电式一样，只是它们定子、转子的线圈联接不一样，即 *ALM* 的定子为激磁绕组，转子三相绕组为输出绕组与 *BLM* 进行同步系统接法，*BLM* 的定子单相绕组为输出绕组和一个有中心抽头对称变压器组成。当转速相等时，两个自整角机的转子的位置相同，输出绕组无输出电压；*m*₂ 和 *m*₃ 的次级绕组感应电压相等，*a*、*b* 两点的电位也必然相等，即给 A 克令吊和 B 克令吊转速调节器的输入附加信号相等。转速保持相同转速。当两克令吊的转速不同时，*ALM* 和 *BLM* 的转子每时每刻相对位置不等，感应电势不同，转子回路就有电流通过，输出绕组就有电压输出，假定 A 克令吊转速大于 B 克令吊，输出绕组的电压相位与变压器 *m*₁ 的 I 绕组叠加，*m*₂ 的输出电压大于 *m*₃ 的输出电压，通过整流滤波和综合比较桥，*a* 点的电位高于 *b* 点电位，各自通过反相器反相，*a* 点的反相电压加到 A 克令吊的转速调节器，使其发电机减磁，从而电动机降速，而 *b* 点的反相电压加到 B 克令吊转速调节器，使其发电机增磁，从而 B 克令吊的电动机加速，一加一减，一直调节到两台电动机转速相等为止。

2. 故障检修方法

当同步控制失效时，两台电动机转速不相同。说明转速偏差信号检测环节有故障，这时，应当检查两个自整角机是否完好，连线是否有断路。然后，测量 *m*₂ 和 *m*₃ 的输出，若有输出，也有偏差，这时应检查 1*d*₁₄、1*d*₁₅ 是否动作，闭合是否良好。方向继电器 1*d*₅、2*d*₅ 是否正常闭合或断开，若这些都正常，有条件更换一块印刷电路板试验，若故障排除。说明换下的板上有故障元件，逐一检查。没有条件更换备件板，重点检查整流桥和运算放大管。最后，应按线路原理图，查对切换开关在并吊时，对应闭合的状况。这种电子式同步控制单元可按电子设备检修方法来运行。

七、PC 控制三速交流起货机系统的常见故障检修

国产三速交流起货机系统采用继电器接触器控制系统，其线路复杂，继电器用量多，体积

较大,不仅可靠性较差,而且维护、检查、保养的工作量都很大。特别是几个时间继电器时间整定不准,可靠性差,经常由于时间继电器失效,造成电动机烧毁。为此,利用可编程控制器 PC 具有丰富软继电器资源特性,来替代继电器—接触器系统,使得三速起货机控制屏体积变小,重量更轻,可靠性大大提高,同时,给使用、维护带来方便。

这里介绍由 SLC-500 型可编程控制器来实现交流三速起货机的控制系统。该系统主电路及 PC 硬件外部接线如图 6-37 所示。该系统具有如下主要功能:

①提升、下放货物时均为高速、中速、低速三档速度。当主令控制器置于零位时,即为停车,并设有应急停车按钮。

②主令控制器手柄从零位直接推到高速档时,实现逐级延时起动。

③主令控制器手柄从高速直接推到零位时,实现三级制动:再生制动、再生制动加机械制动、单独机械制动。

④主令控制手柄从上升(或下放)高速档快速推到下放(或上升)高速档时,实现逆转矩控制。

⑤起动时保证先接通低速绕组后松开电磁制动器。在换档过程中总有一个绕组接通,并使电磁制动器处于松开状态。

它实现了国产交流三速起货机继电器接触器的系统的全部分功能,其输入口址分配如下:

- I: 0/1, 风机开关 FK 和风机过载保护 2RJ;
- I: 0/2, 应急停车电源开关 K;
- I: 0/3, 主令控制器 LK₁ 触点, 零位保护;
- I: 0/4, 主令控制器 LK₂ 触点, 起货机正转(提升);
- I: 0/5, 主令控制器 LK₃ 触点, 起货机反转(下放);
- I: 0/6, 主令控制器 LK₄ 触点, 低速运行;
- I: 0/7, 主令控制器 LK₅ 触点, 中速运行;
- I: 0/8, 主令控制器 LK₆ 触点, 高速运行;
- I: 0/9, 主电动机过载保护 1RJ、WJ、ZJ;
- I: 0/10, 应急按钮;

输出口址分配如下:

- O: 0/0, 风机接触器 FSC;
- O: 0/1, 正转接触器 ZC;
- O: 0/2, 反转接触器 FC;
- O: 0/3, 低速接触器 1C;
- O: 0/4, 制动接触器 ZDC;
- O: 0/5, 中速接触器 2C;
- O: 0/6, 高速接触器 3C;

根据三速起货机的控制要求,可画出该系统控制梯形图,如图 6-38 所示。

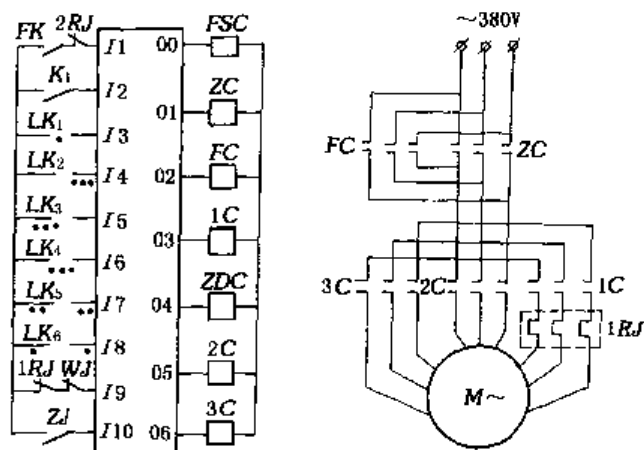


图 6-37 PC 控制交流三速起货机系统原理图

下面简介该系统的工作原理：

1. 主令控制器置零位

合上风机开关 FK ， $I1$ 闭合使输出继电器 00 有电，风机接触器 FSC 有电，风机通电运行。同时合上开关 K ， $I2$ 闭合， LK_1 在零位时，闭合， $I3$ 闭合，使得中间继电器 $M1$ 有电，其常闭触点实现零压保护。

2. 主令控制器置上升一档

LK_2 闭合，即 $I4$ 闭合，使输出继电器 01 有电，使正转接触器 ZC 有电； LK_4 闭合，即 $I6$ 闭合，使输出继电器 03 有电，使低速接触器 $1C$ 有电，进行低速运行。同时，由 $M1$ 和 01 使得 $M2$ 激励， $M2$ 、 $I4$ 、和 $T4:1$ 早已闭合，使输出继电器 04 有电，制动接触器 ZDC 有电，电磁制动器松开，使电动机正常运行。

3. 主令控制器置上升二档

LK_5 闭合，即 $I7$ 闭合。 $M2$ 、04、00、 $T4:3$ 的常闭， $I7$ 、06 的常闭，使输出继电器 05 有电，使中速接触器 $2C$ 接通，电动机处于上升中速运行。

4. 主令控制器置上升三档

LK_6 闭合，即 $I8$ 闭合， $M2$ 、04、00、 $I8$ 和 $T4:4$ 的常闭，使输出继电器 06 有电，使高速接触器 $3C$ 接通，电动机处于上升高速运行。当重载上高速时，负载继电器 ZJ 动作， $I9$ 的常闭打开，使 06 失电，06 的常闭，闭合，使输出继电器 05 有电，中速接触器 $2C$ 接通，电动机处于中速运行，防止重载上高速。

5. 主令控制器从零位直接扳到上升三档

主令控制器在三档时， LK_6 闭合， $I6$ 输入，使得 03 有电，低速接触器 $1C$ 有电，同时 LK_2 闭合， $I4$ 输入，使输出继电器 01 有电，正向接触器 ZC 通电，电动机在低速运行阶段，同时， $I4$ 输入，使输出继电器 04 有电，制动接触器接通，制动器松开。由于 04 的常闭触点打开，使计时器 $T4:3$ 延时开始； LK_5 闭合，使 $I7$ 有输入， $T4:3$ 延时 Δt_3 后，输出继电器 05 有电，中速接触器 $2C$ 通电，接通中速绕组，电动机处于中速运行阶段，又因 05 的常闭打开，使计时器 $T4:4$ 延时开始，延时 Δt_4 之后，输出继电器 06 有电，高速接触器 $3C$ 通电，接通高速绕组，电动机在高速运转。实现了三级延时起动。

6. 主令控制器从上升三档直接推到零位

主令控制器手柄回到零位时， LK_4 闭合， $I6$ 有输入，使输出继电器 03 有电，低速接触器 $1C$ 有电，低速绕组接通， $I7$ 常开打开，计时器 $T4:2$ 延时，在延时 Δt_2 之内，输出继电器 01 仍有电， ZC 正转接触器仍然通电，电动机进行再生制动，转速迅速下降，同时，因 $I4$ 打开，使输出继电器 04 失电，制动接触器 ZC 失电，但刹车线圈放电回路，提供刹车延缓抱闸，进行单独再生制动，一旦放电电流维持不住时，刹车抱闸，进行再生制动加机械制动，当计时器 $T4:2$ 延时到了， $T4:2$ 常开打开，使输出继电器 01 失电，正转接触器 ZC 失

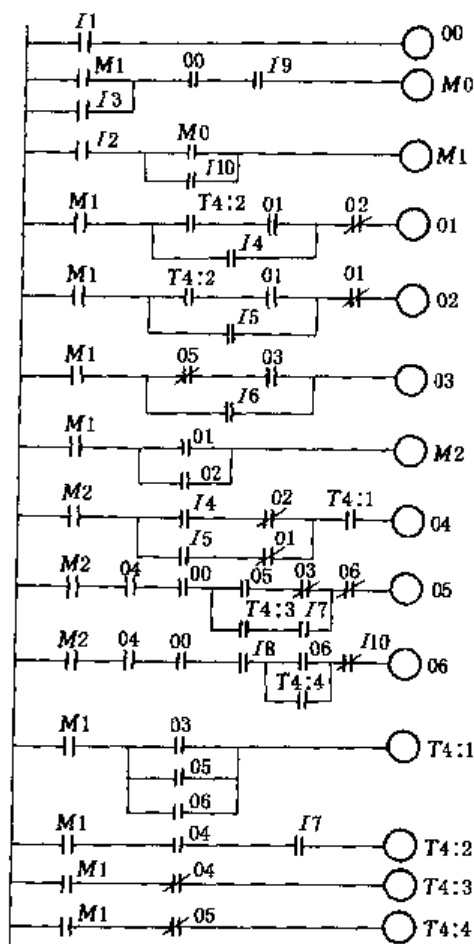


图 6-38 系统控制梯形图

电,再生制动结束,只有机械制动到停车,这样就实现了三级制动过程。

7. 主令控制器从上升三档直接扳到下放三档

系统先是出现三级制动快速停车,然后再反向逐级起动,实现逆转矩控制,读者可以自行分析。

这种系统故障检修。首先要分析清楚故障是 PC 内部故障,还是 PC 外围设备故障,若是 PC 内部故障参照 PC 的说明书和第四章的第六节 PC 故障检修方法来进行,这里不重述。若是 PC 外围设备故障(即 PC 的输入、输出指示都正常,而起货机不工作或工作不正常),这时,应检查接线,配线接触器。若这些都正常,可能是由于干扰信号引起的系统工作失常,这时,重新起动系统,一般都能恢复正常工作。

八、船舶电动起货机拖动控制系统的调试

新船电动起货机拖动控制系统或电气拖动控制系统进行大修或较大变动时,都需要进行调试。调试的目的是检查和了解电器元件是否正常工作,安装和接线等是否符合要求,调整和试验系统的工作情况,使之满足规定的技术要求;考察系统的可靠性等,以便船检部门认可。调试前应熟悉系统的工作原理、调试方法、要求指标等。调试过程中应保证设备完好无损,要谨慎操作,注意人身、设备安全(这一点,对于所有的电气设备的调试都必须严格遵守)。一般对复杂的系统应由简到繁,由局部到整体逐级调试,这样可以较快地查找出调试中产生的故障原因,顺利将系统调试好。

下面就国产交流电动起货机和三输出 G-M 系统的调试作简要说明:

(一) 交流三速起货机拖动控制系统的调试

这种起货机都是三速异步电动机拖动的。电动机定子有三套独立的绕组,低速绕组独用一个定子铁心,中速和高速组合用一个定子铁心。

1. 调试前的检查内容:

(1) 检查控制屏、控制屏上电器安装质量,清除控制屏上的污垢、灰尘及防锈包装纸等;检查控制屏上电器接线是否与原理接线图相符,观察有无线头脱落,螺钉松动等现象。

(2) 检查主令控制器安装质量、清除污垢、灰尘等,清洁主令控制器的触头、扳动手柄,观察闭合顺序是否与图纸相符,并检查接触器触头是否良好。

(3) 检查控制屏与电动机各绕组的接线及与主令控制器接线是否正确,是否符合图纸要求。

(4) 全部检查正常后,测量电气系统的绝缘电阻,冷态绝缘电阻应不低于 $1M\Omega$ 或不低于技术条件规定的数值。

(5) 检查控制二次回路和主电路的熔断器、空气断路器、各保护电器的整定值。

(6) 在起货穿钢索之前,应与轮机人员一起检查电动机及机械部分的转动是否灵活,齿轮箱换档是否灵活正确。检查时应使用手动释放制动器。

2. 控制线路的调试

从控制屏上将电动机的引线拆下,并做好标记。控制线路调试的目的是检查接线是否正确,各电器动作次序是否符合要求;对各电器的动作时间进行初步整定,观察电器的工作情况,触头接触是否良好等。具体步骤如下:

(1) 将主令手柄置零位,接通控制线路电源,打开风门,风机即刻起动运行。此时应检查风门开关、风机接触器、零压继电器,各触头的接触情况,同时检查主接触器 1C 的动作和触头接触情况。

(2) 逐级扳动主令手柄, 观察正、反转接触器 ZC 、 FC 以及各档的主接触器 $2C$ 、 $3C$ 的吸合, 触头接触情况, 同时检查制动接触器吸合, 触头接触情况, 在各档切换过程中, 制动接触器不应有释放现象, 除非手柄在零档上。而且, 在各档切换过程中, $1C$ 、 $2C$ 、 $3C$ 三个接触器中不存在同时失电情况。

(3) 从零档直接扳置第三档, 观察系统是否能满足逐级自动延时起动的控制要求, 然后第三档快速扳置零档, 检查各时间继电器延时和制动器线圈放电延时, 各电器的动作顺序必须达到线路“电气制动—电气和机械的联合制动—机械制动”三级制动要求。其过程是这样: 在 $2SJ$ 的延时时间内, ZC (或 FC) 有电仍吸合, ZDC 断电, 其触头断开制动线圈电源, ZDQ 放电开始延时—电气制动时间开始, 当 $2SJ$ 延时快结束时, ZDQ 线圈放电已结束, 制动器开始制动——电气和机械联合制动; 当 $2SJ$ 延时结束, 电气制动也结束, 电动机完全机械制动。

(4) 粗调各时间继电器延时时间 (一般先取 $0.5s$)、负载继电器 ZJ 和热继电器 RJ 。

若在上述调试过程中, 发现电器动作顺序不对, 不符合技术规范要求, 应根据原理图进行分析, 找出故障, 更正后, 才能继续往下调试。

3. 空载试验

空载试验的目的是检查和调整空载状态下控制线路与电动机协调工作情况, 了解电动机空载电流和转速是否符合要求。具体步骤如下:

(1) 将电动机引出线按拆下时的标记与控制屏连接好, 并检查各档接触器触头是否与各速绕组相对应。(对于厂修线路变动不大情况下, 控制线路调试与空载试验一起进行, 本步骤可略)。

(2) 接通电源, 操纵主令器手柄, 检查电动机的转向、转速是否与主令器操纵档位相符。反复多次操纵、观察电器的可靠运行情况, 使早期失效的元件尽早暴露出来, 当各档运行正常、稳定之后, 测量各档空载电流和转速, 并做好记录。

(3) 反复快速操纵主令手柄, 检查各时间继电器延时时间, 是否能满足逐级自动延时启动和三级制动要求, 细致观察电动机转速变换时是否有堵转情况, 同时应调整电磁制动衔铁的动作时间。

(4) 检查电动机运行时振动、噪声、机械转动部分运转情况。

4. 负载试验

在空载试验, 一切正常的情况下, 方可进行负荷试验。其目的是检查起货机在额定负荷下电动机的工作情况, 精确整定各时间继电器的延时和电磁制动器线圈放电回路的延时; 了解电动机和电磁制动器的发热情况; 整定负载继电器的动作电流等。其步骤如下:

(1) 调试前准备好试验负荷, 给起货机逐渐增加负荷到额定负荷, 在额定负荷下, 以低、中速反复运转。调整电磁制动器的间隙, 使其可靠刹车, 其松紧程度, 除了要保证能迅速制动外, 还应使其在额定负荷下, 滑程不超过允许值。从开始制动到完全制动为止, 滑程不得大于 $V/6000$ (m), V 为制动前的速度 (m/s), 并注意制动器的温升。若温升过高, 应延长 $2SJ$ 整定时间增加再生制动时间, 并调节间隙符合技术要求。

(2) 快速操纵主令手柄, 仔细调整各时间继电器的延时, 配合调整电磁制动器线圈回路的放电延时, 按三级制动要求进行整定, 同时仔细观察启动和制动时, 电动机堵转情况。电动机堵转必须符合要求, 若堵转严重, 会使电动机运行时过热。

(3) 起货机必须满足逐级自动启动的技术要求。

(4) 对恒功率调速的起货机, 还需调整负载继电器 ZJ 的动作值, 在负载为额定值的一半时, 起货机应能进入高速运行, 这时高速绕组电流为额定值。当负载为高速绕组电流的 $110\% I_e$ 时 ZJ 应动作, 电动机不能进入高速运行。

(5) 带各档对应的额定负荷运行一段时间, 记录各档三相电流和转速, 测量记录热态绝缘电阻。

(6) 经过额定负荷试验后, 应在负重为 110% 额定负荷下, 在低、中速档反复运行一段时间, 观察起货机工作情况, 检查电动机、电磁制动器工作情况, 观察系统的机械有无变形, 电器是否能正常工作。记录各档三相电流和转速。

通过上述调试和试验, 一切符合技术要求, 获得船检部门认可, 方可交付使用。

(二) 三输出 $G-M$ 系统克令吊的调试

由于这种起货设备有三个部分, 应分别进行调试, 每部分的调试方法基本上与交流三速起货机相似, 一般分为控制线路、空载和负载三个阶段进行调试。每部分调试完之后, 进行整机综合调试, 下面介绍其调试特点:

(1) 在控制线路调试中, 应检查主令手柄位置与加速继电器动作是否相等, 在换档时刹车继电器是否出现释放现象。

(2) 在空载调试中, 应注意电动机的转向、转速是否与主令手柄位置相符合, 电磁制动器工作是否正常, 从高速档快速回到零档, 电气制动器 ZDJ 是否动作。各限位器动作是否正常。

(3) 负荷试验: 轻载能否上高速; 过流继电器 GLJ 应在 $110\% I_e$ 时动作。在额定负载下, 制动滑程是否符合要求。

(4) 整机综合调试, 在空载情况下, 三者同时操作, 运行是否正常, 在负载情况下, 观察整机操作情况、机械运行情况。

总之, 这种系统控制原理简单, 保护也简单, 相对于三速交流起货机调试更简单。

第六节 锚机、绞缆机电气系统维修

一、技术要求与维护要求

电动锚机和绞缆机分为直流和交流两种, 而且, 其拖动控制方案一般都与本船的电动起货机控制方案相同。目前大多采用交流三速锚机、绞缆机或 $G-M$ 系统的锚机、绞缆机, 所以两者拖动控制系统基本相同。

1. 技术要求

(1) 控制线路中应设有自动逐级延时起动环节。

(2) 电动机应能承受堵转电流 1min , 堵转力矩为额定力矩的两倍, 在堵转时, 对直流而言, 应能使电动机自动转到人为特性上运行, 对交流而言, 应能自动转换到低速运行。

(3) 电动机应能在最大负载力矩下起动。应急起锚时, 电动机应能正常起动, 在 30min 内允许起动 25 次。

(4) 深水抛锚时, 控制系统应能使电动机工作在再生制动或能耗制动状态, 使加速抛锚变为匀速抛锚。

(5) 控制系统应满足在正常抛锚深度下, 起单锚的平均速度不小于 12 m/min , 在 45m 抛锚深度下, 起双锚的平均速度不小于 6 m/min 。收锚入孔的速度一般为 $3\sim4\text{ m/min}$ 。

(6) 采用电气和机械配合制动, 以满足快速停车和保护电动机的要求。

(7) 电力拖动装置应能满足在给定航次区内, 单锚破土后, 能起双锚。

2. 对锚机、绞缆机电气系统的维护要求

锚机、绞缆机电气控制屏的保养可参见起货机的控制屏的维护保养要求。

对于电磁制动器和主令控制器的维护要求与起货机相同。

锚机和绞缆机虽然能在最大负荷力矩下起动和运行, 但它属于短期工作制的设备, 使用时应根据锚链、缆绳状态及电流的读数进行操作, 并注意:

(1) 起动次数不宜过于频繁, 一般允许 30 min 内起动 25 次。

(2) 堵转时间不能过长, 一般允许 1 min, 当电流表指示值较长时间超出电动机额定电流时, 应停车。

二、电动锚机的常见故障检修

例一 交流三速起动锚机电气控制系统常见故障检修

交流电动锚机与起货机的技术要求有相似之处, 如调速, 正、反转, 逐级自动延时起动、电、机械制动, 所以, 控制线路与起货机大同小异, 有许多故障也与起货机的故障相似, 其检查方法也一样, 下面以交流三速电动锚机为例, 如图 6-39 所示。其线路特点:

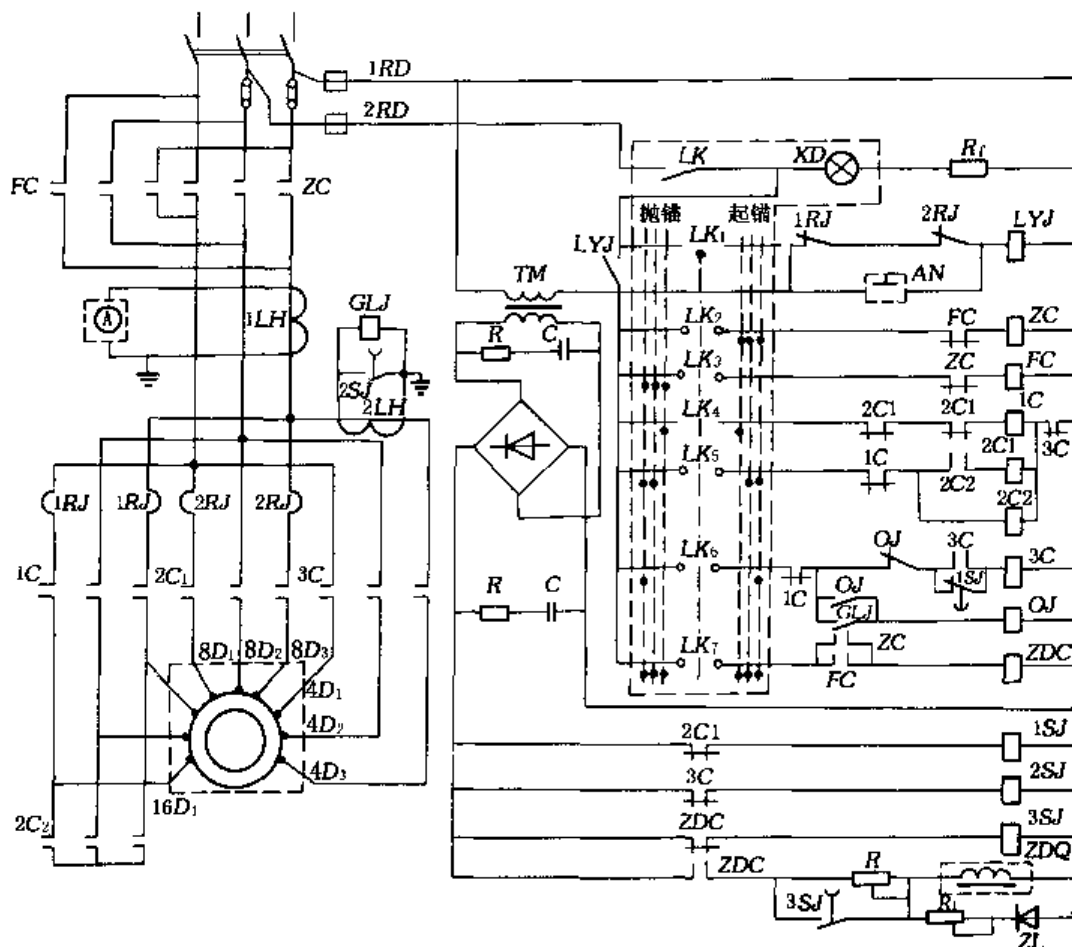


图 6-39 交流三速电动锚机电气控制线路图

(1) 采用三速鼠笼式异步电动机。三速电动机定子铁心上有两套绕组。一套为高速（4极）绕组，另一套为中速和低速共同的绕组，可改变极数，中速为双星形接法（8极）、低

速为单三角形接法（16 极）。

（2）线路具有失压和高速过载保护。当高速绕组额定电流 110% 时，过流继电器 GLJ 吸合，3C 断电，2C₁ 和 2C₂ 触头闭合，使锚机在中速运行。

（3）深水抛锚时，可使电动机工作在再生制动状态，把加速抛锚变为匀速抛锚。

（4）各时间继电器的整定值为：1SJ 为 0.5~2s；2SJ 为 1~2s。

工作原理与交流三速起货机相似，这里不赘述，读者自行分析。

常见故障检修：

1. 电动机发热严重

电动机发热严重除电动机本身故障外，主要由于操作频繁，工作条件恶劣所造成。从控制线路上看，电动机可以在中速直接起动，起动电流较大，多次起动后，常会发生电动机过热现象。此外，由于锚机的工作特点，常常需进行高速制动，从而使制动器发热严重。

当锚机电动机发热严重时，热继电器 1RJ、2RJ 动作，为了应急起锚，可以按下紧急开关 AN，强制起锚。

2. 只有中速和低速，无高速

这种故障常常过流继电器 GLJ 误动作或主令控制器触头、接触器、继电器的触头接触不良造成，此外，若 2SJ 时间继电器延时整定过短，过流保护太早接入，在起动时也会无高速。

3. 制动器失效

若起动时吸合后即抱闸，说明经济电阻断路；若不能吸合松闸，首先查 3SJ 是否正常动作，手柄在零位时，3SJ 是否吸合，若吸合，说明制动器电源和 3SJ 正常，应检查主令器触头、制动继电器 ZDC 和电磁制动器线圈是否开路。

其他故障就不做一一分析，只要按照第一章的故障诊断方法，参照起货机类似故障检查方法，总可以把故障点找到。

例二 G-M 电动锚机的常见故障检修

图 6-40 是典型的 G-M 锚机拖动系统电气控制原理图，其工作原理很简单，为了节省篇幅，这里不叙述，读者可自行分析。

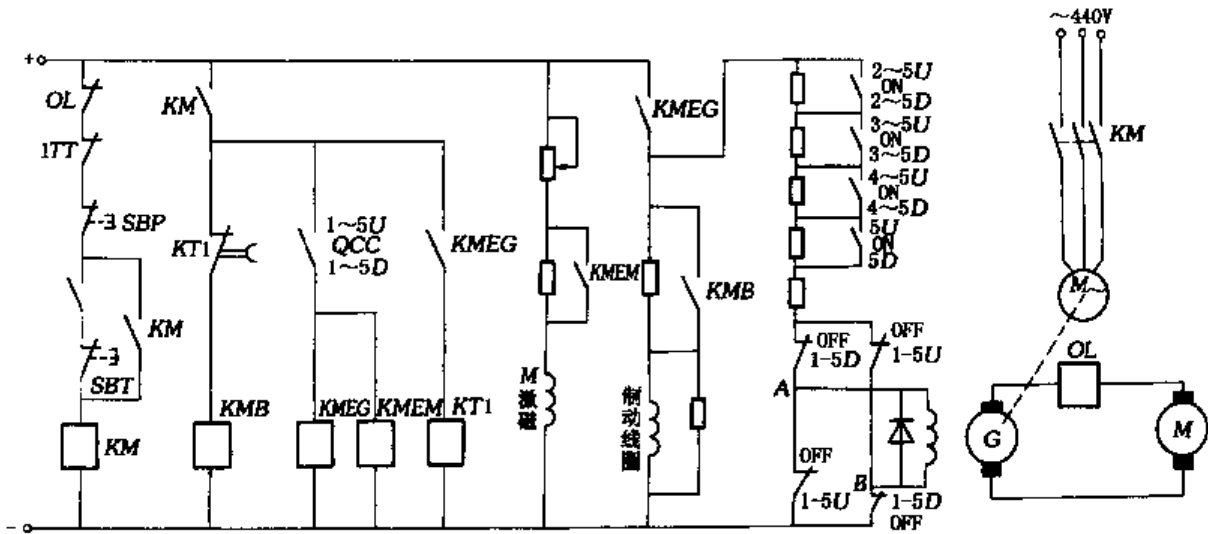


图 6-40 G-M 系统电动锚机电气控制线路图

常见故障检修：

我们以“扳动手柄，系统不工作”故障为例说明这种系统的检修方法，这种故障，若异步机运行正常，说明直流发电机没有输出电压。首先检查发电机激磁接触器 $KMEG$ 是否动作，若有动作就应检查它的常开触点是否闭合良好。若闭合良好，应测发电机激磁线圈两端电压。若无电压，应检查主令器各个触点和接线是否完好；若有电压，应断开，测量发电机激磁线圈是否开路。

若异步机不能正常起动运行，这时应检查异步机控制线路，即检查过流继电器 OL 、制动器温度继电器 $1TT$ 常闭触点是否闭合良好，以及停止按钮是否闭合。最后，检查主接触器 KM ，若 KM 接触良好，测得异步机的电源为额定电压，说明异步机故障，按第五章有关检修方法来进行。

其他故障检修比较简单，比如说，制动器不松闸，只要检查制动接触器 KMB ，时间继电器 $KT1$ 和制动器本身。直流电动机输出力矩不足（即无法收锚或速度明显减慢），这时重点检查直流电动机激磁回路， $1R_{11}$ 可调电阻值是否增大， $KMEM$ 的常开是否闭合等，总之，这种系统线路简单，需检查的元器件比较少，只要熟悉其原理，各元器件的作用和位置，掌握线路故障检查方法，一般都能很快地排除故障。

三、锚机、绞缆机拖动电气控制系统的调试

由于锚机、绞缆机拖动控制系统与起货机相似，所以，调试的方法与起货机基本相似，但也有它的特点。一般调试分三个阶段进行，即：空载、负载和航行抛、收锚，下面分别介绍各阶段调试特点。

（一）交流三速电动锚机电气控制系统的调试

通电调试前的检查内容与起货机相同。

1. 空载试验

（1）先粗略整定各保护电器：

LYJ ——失压保护继电器可整定在 $80\% U_e$ 。

GLJ ——交流整定为 $110\% I_e$ ，直流的整定在稍大于 $2I_e$ 。

（2）接通电源、主令手柄在零位，观察各电器动作情况，零压继电器 LYJ 和三个时间继电器 $1SJ \sim 3SJ$ 应动作，其他电器不应动作，正、反转逐级操作，观察电动机的转向、转速是否与线路原理图和主令手柄位置相符，并注意观察各档的起动电流、空载电流。

（3）分别将手柄从正、反转的高速档快速扳回零位，观察电磁制动器能否迅速制动。

（4）在各档转速下检查和监听齿轮箱、电动机和各轴承的声音是否正常，一切正常后，空载运行 2h，检查系统工作情况、轴承温升、电动机发热、锚机机械等，不应有异常现象，最后停车测量绝缘电阻。

2. 负载试验

在空载试验一切正常之后，方能进行负载试验，对于大修时，线路变动不大的，而锚和锚链没有检修，不允许进行空载试验时，可以直接进行负载试验。

（1）将主令手柄扳向“起锚”第一档，电动机起动、低速运行，记录起动电流、工作电流、转速。再把手柄扳向其他各档，同样记录，各档转速应有明显区别。

（2）把主令手柄从高速档快速扳回零位，观察制动器的制动性能，应符合规范要求。

（3）将主令手柄扳向“抛锚”各档，记录电流和转速、观察能否再生制动匀速抛锚，以

及制动器的工作情况。

(4) 反复操纵主令手柄, 观察电动机、齿轮箱、锚机各部件工作情况是否正常, 有无异常声响和振动。

3. 航行抛、收锚试验

在试验过程中, 要测量各档转速下的电动机的电流和转速, 当锚破土时, 锚机承受最大的负荷, 应准确地记录锚破土瞬间电动机的电流和转速。在锚破土之前, 交流锚机应能运行在中速档上。通常情况下, 靠锚机本身的力矩能够拔锚出土。若电动机力矩不能使锚破土, 电动机将堵转, 这时应靠主机冲车, 使船体向前的冲力拔锚出土。

最后, 进行双锚的抛锚和起锚试验, 也应符合《钢质海船建造规范》。

(二) G-M 电动锚机电气控制系统调试

当锚机进入大修后, 对电气控制系统应当做比较详细调试工作, 它的调试方法与起货机的 G-M 系统的调试有着许多共同之处。一般先进行控制线路工作顺序和功能调试, 线路功能调试后, 进行空载调试, 最后进行负载调试。

1. 控制线路调试

调试前的一般检查内容与起货机调试前的检查内容一样, 这里不重述, 调试前检查内容合格后, 方能进行线路调试。先把主接触器 KM 的辅助常开触点 (在控制线上的) 短接, 若锚链已经穿好, 必须把制动器回路断开, 同时把直流发电机激磁回路脱开, 用直流电压表监视这两端电压。这些准备好之后, 给控制线路通电, 操纵主令器, 看各继电器、接触器是否按线路工作顺序进行, 而且电压表上的读数按 1~5 依次增大, 线路调试合格后, 进行空载或负载调试。

2. 空载调试

当锚链没有穿时, 方可进行空载调试, 如果没有检修各锚或锚链时。只能进行负载调试。空载调试前应把控制线路恢复到原状态, 即在控制线路调试时, 短接的 KM 常开触点的连线去掉, 制动器回路复原, 直流发电机激磁回路复原, 同时, 用直流电压表监视直流发电机的输出电压, 最后依次逐档扳动主令器手柄, 观察各继电器接触器的动作过程, 同时, 电压表上读数按 1~5 档顺序增大; 电动机的转速逐档升高。

3. 负载调试

负载调试主要是试验系统的负载能力。应把控制线路复原, 按线路图进行正确连接。用直流电压表监视直流发电机输出电压, 然后起动异步电动机, 异步机正常运行后, 方能进行负载调试。先单锚调试, 后双锚调试。逐档扳动主令器手柄, 观察继电器、接触器动作状况及顺序, 测取电压表读数, 测量 G-M 系统主回路电流和各档收、抛锚速度, 并做好记录。负载试验应反复进行, 试验一段时间后, 检测电机, 制动器温升。

4. 航行抛锚试验

同交流三速锚机试验内容一样, 这里不重述。

第七节 舵机电气控制系统的维修

一、技术要求

目前大型远洋或近海客、货轮多采用电动液压舵机, 其电气控制系统中装有自动操舵

仪,按照一定的要求,对航向误差进行比例、比例微分、比例微分积分规律控制。

(一) 舵机拖动控制系统的技术要求

1. 舵机应由二路电源供电,即应急和主配电板,且应远离分开敷设。驾驶室内操舵装置和舵机应使用同一电源。

2. 为保证电—液压系统的工作可靠,电动油泵机组采用冷备旁待方案,各台机组可单独运行,互成自动切换冷备旁待,也可两台机组并联运行。

3. 舵机电动机应满足舵机技术性能的要求,在舵机舱和驾驶室、机舱集中控制室都能控制电动机,并有操纵转换装置,以防同时操纵。

4. 在船舶处于深吃水和最大营运航速前进时操舵,应能使舵自一舷 35° 转到另一舷 35° ,并且自任何一舷 35° 转到另一舷 30° 的时间不得超过 28s。

5. 舵角指示器指示舵叶位置的误差不应大于 $\pm 1^\circ$ 。

6. 应设有如下保护报警装置:

(1) 舵叶偏转限位开关;

(2) 电源失压报警;

(3) 过载声光报警;

(二) 对自动舵的基本要求

1. 自动操舵性能良好

(1) 具有一定的灵敏度,当船舶偏离航向达一定角度(一般规定 $0.2^\circ \sim 0.5^\circ$) 时,自动舵能立即投入工作,使舵叶偏转一定角度,这个初始舵角度(一次偏舵角)大小应适当,过大会降低航速。过小会使转船力矩太小,且不足以使船舶返回到给定航向,此时,应能产生二次偏舵角,一直促使船舶回到给定航向上。

(2) 能产生稳舵角(亦称反舵角),船舶在舵的作用下返回给定航向时,由于船舶的惯性可能向另一方向偏航,为了使船舶恰好回到给定航向而不超过,此时舵必须向另一舷转过一个小角度抵抗船舶的惯性。

(3) 能产生压舵角,由于船舶在航行中受到不对称的外界干扰(如一舷受风浪,螺旋桨不对称,装载量不对称等),会产生一舷的持续力矩,船将产生不对称偏航,为此,必须使舵偏离首尾线一个角度来抵消一舷的持续力矩。

2. 应具备基本的调节装置

为了使同一型号的自动舵能够适用于不同排水量,载重量、航速、舵机,并能适应各种的天气、海况,必须具备几种基本调节装置,能在一定范围内调节自动舵系统中某些参数,使系统达到比较好的调节效果。在各种自动舵系统中,调节装置使用的线路元件不同,调整方法可能有所差别,但其作用是相同的

(1) 灵敏度调节

灵敏度指自动舵开始投入工作时的最小偏航角。灵敏度调节依据天气、海况进行调节,在风平浪静时,灵敏度调高,保证船舶有较高航向精度,在大风大浪时,灵敏度调低,防止自动舵操纵过于频繁,影响舵机寿命,因此,也称灵敏度调节为天气调节。

(2) 舵角比例调节

偏舵角与偏航角之比例关系称为舵角比例,舵角比例过小时,转船力矩小,回转性能差;舵角比例过大时,可能使船舶回转过头,稳定性差,并会降低航速。因此,要根据船型、装载、航速等情况,调节舵角比例,其实质是对系统的反馈系数的调节。特别要注意,

在大风大浪中航行时舵角比例不宜过大。否则，过频操舵形成无效舵。

(3) 反舵角调节

也称微分调节，自动舵使船舶返回到给定航向的过程中，为了使船舶行踪作“S”形衰减振荡，并能尽快的稳定下来，自动舵系统应能给出反舵角（又称制动舵角，稳舵角，阻尼舵角，纠偏舵角），此舵角的大小应根据船型、装载等所确定的惯性力和天气情况进行调节。

(4) 压舵调节

也称偏航调节。为了纠正船舶由于受到持续的单侧风浪、水流影响及装载不对称等引起的不对称偏航或单侧偏航，在自动舵中应设有自动压舵（积分舵）或人工压舵环节，并能进行调节，其实质就是调节积分时间常数。

(5) 航向调节

船舶在使用自动操舵航行时，可以通过航向调节改变船舶的给定航向，使船舶按新航向航行。对于常规自动舵系统，一般按小角度逐次调节，否则，偏航角太大，能报警，对于自适应舵可随意改变航向。也可通过此调节，人工纠正航向。

3. 应设有随动，应急操舵设备

船舶进出港，过狭窄水道，避碰转让，遇到紧急情况以及自动操舵失灵的情况下，能立即转换为随动或应急操舵，保证船舶航行的安全可靠。

4. 应设有航向超过允许偏差的自动报警装置。

二、舵机拖动控制系统的维护

1. 开航备车时对舵

对舵时应注意以下各项：

(1) 检查操舵台上的控制开关、按钮、指示灯及失压、过载报警、声光信号等装置，是否完整有效；

(2) 观察两舷供电转换使用情况，并用应急电源在驾驶室和舵机舱分别试操；

(3) 用各种操舵方式在各操作台进行操试，检查应急舵操纵是否有效，观察两套机组工作是否正常，自动切换是否可靠，控制系统工作是否正常，舵机的机械传动部分是否灵活可靠。

(4) 自动舵及电动舵机系统不应有跑舵、冲舵、不回舵及振荡等现象；

(5) 检查操舵器、舵角指示器与舵叶实际位置的偏差，在正舵时，偏差应为 $0'$ ；在大舵角下，偏差应不大于 2° ；

(6) 复查舵从一舷 35° 转至另一舷 30° 所需时间是否符合规定。同时检查舵叶偏转速度是否均匀，转舵时有无异常声音、异常现象等。

2. 航行期间的巡视检查

巡视检查应包括下列内容：

(1) 查看机组的运行情况，电动机运转的声音、温升；

(2) 检查电磁阀、伺服马达、限位开关等动作是否可靠；

(3) 观察各仪表读数、机组运行指示、舵角指示等装置的工作是否正常；

(4) 有两套舵机拖动控制系统的船舶，应定期更换使用。

3. 舵机电气系统维护保养的主要内容

舵机电气系统维护的周期及内容要求如表 6-2。

舵机电气系统维护的周期及内容要求

表 6-2

项 目	周 期	维 护 内 容 及 要 求
自动舵操纵台	1 次/6 个月	主操舵器传动部分加油
	1 次/1 年	1. 检查齿轮及微型轴承等传动部分的油质, 如变质, 则洗净后重新加油 2. 清除操舵器内部的灰尘和污垢 3. 必要时更换易损零件
随动控制系统	1 次/航次	1. 对 AEG 式舵机, 检查发信器和受信器的电阻、电刷、导电环; 对滑环式舵机, 检查滑环、导电滚轮, 对手柄式舵机检查复位触点及其他反馈装置 2. 检查系统中的各连杆、弹簧等机件 3. 清除装置内铜屑和灰尘
执行装置	1 次/航次	一般性检查
	1 次/3 个月	1. 检查电磁离合器线圈的固定, 电刷和集电环的摩擦情况, 检查机械制动的开距、刹车片的摩擦情况 2. 执行电磁阀解体清洁检查, 其衔铁活动部分应无卡阻、打毛等现象, 行程应符合要求, 测量电磁阀线圈的电阻, 如有变化, 应换新
舵角指示器	1 次/3 个月	检查电桥式舵角指示器的内部接触、磨损情况。清除灰尘并检查电源
	不少于 1 次/1 年	1. 清洁仪器内部, 然后对各摩擦部分、轴、齿轮 (橡皮件除外) 加油 2. 检查仪器的密封情况 3. 检查调光电阻及灯光是否适当

电动液压舵机日常维护应注意以下几点:

- (1) 对油泵电动机的维护与一般电动机相同;
- (2) 两台机组和起动箱应轮流使用, 其运行时间应基本相同;
- (3) 经常检查各联接件有无松动或脱落等现象;
- (4) 具有互为备用的双通道系统的印刷电路板应经常互换使用, 以保证其工作性能不变。对于备用印刷板和元件应密封或干燥保存。

三、舵机自动控制系统的主要故障检修

例一 安休斯 (ANSCHUTZ) 型自动操舵仪故障检修方法

安休斯自动操舵仪是比较有代表性的常规自动操舵仪, 它属于比例——微分——积分控制系统, 它有自动操舵方式和随动操舵方式, 为了保证系统的可靠性, 自动、随动操舵系统相互独立, 各自有独立的控制装置和通道, 由操舵方式选择开关来转换。当一套系统工作时, 通过联锁装置保证另一套系统不工作。

1. 自动操舵系统的工作原理

自动操舵与随动操舵系统电路如图 6-41 所示。自动操舵系统的原理框图如图 6-42 所示。

将操纵方式选择开关 K_1 转到“自动”(AUTO)位置, 航向接收机 J_1 与电罗经接通。当船舶偏离给定航向时, 如向右偏航 φ 角, 电罗经带动航向发送器转子转一个偏航角, 通过同步传送, 使航向接收机 J_1 转动, 带动航向刻度盘指示出偏航角 φ , 同时通过差动齿轮带动信号发送机 J_2 转动。 J_2 是一个线性旋转变压器其线性精度较高, 能够符合舵角反馈电位器的精度要求 (电位器线性精度为 1%)。所以由 J_2 产生一个与偏航角 φ 成正比的交流电压 V_φ (偏航信号), 经相敏整流, 输出直流信号, 经滤波电路将交流成分滤掉, 然后再经过灵敏度调节电路送入运算放大器进行比例、微分综合运算。综合后的信号送到功率放大器, 促使控制继电器 CJ_5 (或 CJ_6) 动作, 接通电磁阀线圈 T_1 (或 T_2), 打开电磁阀使舵机工作, 舵叶向左偏转一个 β 角。偏转舵叶时, 通过机械传动装置带动舵角反馈电位器 R_{18} 的滑

动触点偏转，舵角反馈电桥电路失去平衡，并送出直流反馈信号，经过微分电路（其作用是给出积分舵信号）后，送入运算放大器并与偏航信号综合运算。当舵角反馈信号与偏航信号平衡时，放大器输出为零，继电器释放，电磁阀关闭，舵叶停止转动。在这左偏舵角的作用下，使船舶给定原航向返回。这时 J_1 反转，并带动 J_2 反转，航向偏差信号 V_φ 减小，且小于舵角反馈信号，运算放大器端的极性改变，则输出端输出一个极性相反的操舵信号，使继电器 CJ_6 （或 CJ_5 ）动作，接通另一个电磁阀线圈 T_2 （或 T_1 ），舵叶开始回转。当船舶回到给定航向时，舵叶也回到首尾线上。

具体实现的环节电路和特点，简述如下：

(1) 相敏整流电路

由二极管 $D_{13} \sim D_{16}$ 、电阻 $R_{35} \sim R_{33}$ 、负载电阻 R_{39} 、变压器 B_1 的次级绕组组成，其输入交流电压信号来自线性旋转变压器 J_2 。由 R_{39} 输出的电压是脉动的直流电压。通过 R_{40} 、 C_{23} 滤掉交频分量，得到直流电压信号，其大小和极性决定于输入交流偏航信号电压的大小和相位。

(2) 灵敏度调节电路

由电阻 $R_{41} \sim R_{53}$ 、整流和隔离二极管 D_{19} 、滤波电容 C_{24} 、隔离二极管 D_{17} 、 D_{18} 、变压器 B_1 的次级绕组、三层同轴波段开关 $K_{\text{灵}}$ 等组成。通过电阻 R_{40} ， R_{41} （或 R_{42} ）与 $R_{43} \sim R_{47}$ 串联，利用 $K_{\text{灵}1}$ 、 $K_{\text{灵}2}$ 实现串联电阻分压调节。由二极管 D_{19} 、电容 C_{24} 、电阻 $R_{48} \sim R_{53}$ 等组成一个闭锁环节，通过 $K_{\text{灵}3}$ 调节 5~11 档，在 R_{41} 、 R_{42} 上的闭锁电压大小，使电路形成一定死区。当航向偏差信号克服闭锁电压后，信号才能送到运算放大器进行综合运算。 $K_{\text{灵}}$ 调节时，1~4 档只有电阻串联分压，5~11 档又增加了闭锁电压， $R_{48} \sim R_{52}$ 阻值逐渐增大，使闭锁电压逐渐增加，所以向高调节时，系统灵敏度逐档降低。 $K_{\text{灵}}$ 有 11 档，使系统灵敏度调节范围很宽。另外还设有 $R_{106} \sim R_{108}$ 可供实船调试使用。

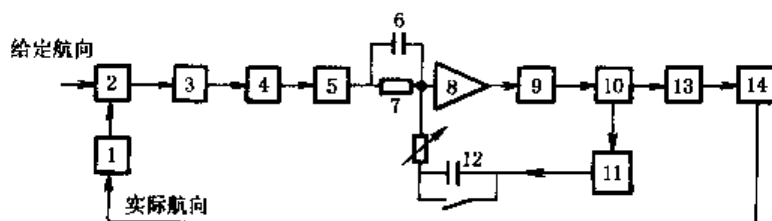


图 6-42 自动操舵原理框图

1-航向接收机 J_1 ；2-自动发送器 J_2 ；3-相敏整流器；4-低频滤波器；5-灵敏度调节；6-微分舵环节；7-比例舵环节；8-运算放大器；9-功率放大器；10-执行装置；11-舵角反馈发送器；12-积分舵环节；13-舵叶；14-船

(3) 舵角反馈信号及比例——微分——积分舵 (PID) 调节电路

舵角反馈信号由舵角反馈电桥电路产生。直流电桥的两臂由电位器 R_{18} 通过滑动触点分开，另外两臂分别由电阻 R_{60} 、 R_{63} 和 R_{62} 、 R_{64} 组成。滑动触点处于中间位置时（舵叶在首尾线上），电桥平衡，输出电压为零。当舵偏转时，滑动触点偏离中心位置，电桥失去平衡，电阻 R_{61} 上产生电压，输出电压信号。舵角越大，滑动触点偏离中心位置越远，输出电压信号越大；舵偏转方向不同时，改变滑动触点偏离中心位置的方向，使输出电压信号极性改变。

在舵角反馈电路中，通过选择开关 $K_{\text{比}}$ ，调节电阻 $R_{66} \sim R_{70}$ ，可改变比例舵的比例系

数。在偏航信号电路中,通过选择开关 $K_{微}$,调节微分电路的电容 $C_{27} \sim C_{31}$,可改变微分舵的微分系数。这时偏航信号与舵角反馈信号输入到运算放大器进行综合运算,并获得比例舵与微分舵。

在舵角反馈电路中的电容 C_{33} 、电阻 R_{65} 、 R_{70} 、 R_{57} 等组成微分电路,形成对偏舵信号的微分计算(相当于前向通道的积分计算),而取得积分舵角。当船舶单侧偏航或不对称偏航时,引起不对称偏舵,因此在电容 C_{33} 上将累积起电压。不对称偏航越大,偏航时间越长, C_{33} 上累积电压越高,使舵角反馈信号减小,因此偏舵角加大,这就是偏航积分舵环节自动压舵的基本原理。

当船舶偏航角或修正航向角过大时,为避免积分环节工作,设有触点 CDZ_1 自动短接积分舵电路。此外还设置开关 $K_{积}$, $K_{积}$ 打开时自动舵按 PID 规律调节, $K_{积}$ 闭合时积分舵电路短接,自动操舵按 PD 规律调节。

(4) 功率放大电路

由晶体管 $BG_9 \sim BG_{15}$ 等组成的具有开关特性的功率放大电路,电路中各晶体管都处于开关特性状态。输入级由 BG_9 和 BG_{10} 组成。若运算放大器输出信号为上“+”,则 BG_9 导通,引起 BG_{11} 、 BG_{12} 导通,继电器 CJ_3 吸合, BG_{14} 导通,继电器 CJ_5 吸合,电磁阀 T_1 通电打开,使舵机向左(或向右)偏舵。若运算放大器输出信号为上“-”,则 BG_{10} 导通,导致 BG_{13} 导通,继电器 CJ_4 吸合, BG_{15} 导通,继电器 CJ_6 吸合,电磁阀 T_2 通电打开,使舵机向右(或向左)偏舵。为了使左、右偏舵和回零等对称性好,可以调节偏置电路电位器 R_{75} 、 R_{87} 或调节接地电位器 R_{94} 。为了保证导通管能可靠导通,截止管能可靠截止,提高开关电路工作的可靠性,在 BG_9 、 BG_{10} 的偏置电路中还设置了继电器触头 $CJ_{3.2}$ 、 $CJ_{4.2}$,用以调整 BG_9 、 BG_{10} 不至于过载、击穿,从自动信号发送器 J_2 的输出电压中,经过 D_{26} 、 D_{27} 整流后引入反偏置。当偏航过大时,运算电路来的偏航信号太大,易于使 BG_9 (或 BG_{10}) 正向击穿。为此,引入的偏航信号为负偏置,对运算放大器输出的信号予以抵消,从而保护 BG_9 、 BG_{10} 管。

电磁阀电路采用直流电源时,在 CJ_5 、 CJ_6 触头电路中设有灭弧装置,由电容 C_{45} 、 C_{46} 和电阻 R_{102} 组成。电阻值应选择适当,调整要求是使触点接通和断开时的火花大小差不多,且基本看不到为止。

2. 随动操舵系统的工作原理

随动操舵系统框图 6-43 所示,电路图见图 6-41。

将操舵方式选择开关 K_1 转到随动(HAND)位置,航向接收机 J_1 与电罗经的联接电路被切断,舵角反馈电位器 R_{18} 与自动操舵电路的联系被切断,并改接到随动操舵的电路上,与随动操舵电位器 R_{17} 组成电桥电路,由交流电源供电。当转动手轮时,带动 R_{17} 上的滑动触点移动一个位置,电桥失去平稳,产生相应的操舵信号,经过灵敏度调节电路,进入三极管相敏整流放大电路,以差值的形式输入晶体管、可控硅组成的开关电路,控制继电器 CJ_1 或 CJ_2 的通电,从而使电磁阀 T_1 或 T_2 接通,操纵舵机向左或向右偏舵。舵偏转后,带动舵角反馈电位器 R_{18} 上的滑动触点移动,当跟随到相应位置时,电桥又达到平稳,操舵信

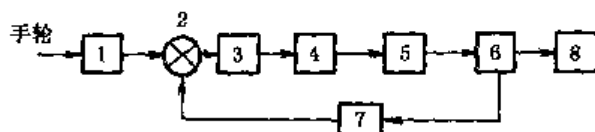


图 6-43 随动操舵原理图

1-随动发送器 R_{17} ; 2-信号比较环节; 3-灵敏度调节; 4-相敏放大器; 5-开关电路; 6-执行装置; 7-舵角反馈发送器 R_{18} ; 8-舵叶

号消失,继电器断电,使电磁阀关闭,舵叶停止转动,取得与手轮对应的舵角。

其实现环节的电路和特点简介如下:

(1) 比较电路

由操舵电位器 R_{17} 与舵角反馈电位器 R_{18} 组成的电桥电路,实现操舵指令信号与舵角反馈信号的比较,由 115V50Hz (或 60Hz) 交流电源供电。电位器 R_{17} 与操舵手轮通过齿轮传动相联接。转动舵轮即可改变 R_{17} 上滑动触点的位置。舵角反馈电位器 R_{18} 与舵柱通过机械传动相联接。实际舵角为 0° , 手轮的指令舵角亦为 0° 时,两个电位器的滑动触点在中间位置,电桥平衡,无操舵信号输出。当转动手轮时,改变 R_{17} 上的滑动触点位置,两个滑动触点间输出操舵交流电压信号,随着舵的偏转, R_{18} 上的滑动触点向对应的位置跟踪移动。当两个滑动触点所处的对应位置相同时,电桥重新平衡,操舵信号消失。操舵交流电压信号的相应决定于手轮的转动方向,其大小决定于两个滑动触点所处位置差的大小。

(2) 灵敏度调节电路

整流器 ZL_1 , 电阻 R_2 、 R_3 , 二极管 D_1 、 D_2 和电位器 R_4 等组成。在没有随动操舵信号输入前,该电路已在 R_2 、 R_3 上预置了一定的反向电压,即闭锁电压。操舵信号产生后,只有克服了 R_2 (或 R_3) 上的反向电压,才能输入变压器 B_3 的初级。调节电位器 R_4 ,可以调节预置反向电压的大小,即达到调节随动操舵的灵敏度。调节灵敏度的要求是:操舵时,在最小操舵角下,系统不发生振荡。

(3) 相敏放大电路

由晶体管 BG_1 、 BG_2 等组成三极管全波相敏放大电路。由 B_2 副边供给交流电压,基极与发射极间由 B_3 副边输入操舵信号电压,整流器 ZL_2 提供基极直流偏置。 B_2 与 B_3 同名端如图中所示。如无操舵信号输入时, BG_1 、 BG_2 工作情况完全相同,所以 a 端与 b 端的电位相等,即 $V_a = V_b$ ($\Delta V_{ab} = 0$) 无差值信号输出。当输入随动操舵信号时, BG_1 与 BG_2 的工作情况发生变化,一个导通程度增大,另一个导通程度减小。增减程度决定于操舵信号大小;导通程度是增还是减决定于输入操舵信号的相位。由于两管导通程度不同, a 、 b 两端的电位不再相等,有差值信号 ΔV_{ab} 输出。 ΔV_{ab} 的大小极性与操舵信号大小、相位有关,从而实现了相敏整流,并予以放大。

(4) 开关电路

差值信号 ΔV_{ab} 经过电感 L 、电容 C_3 、 C_4 、 C_5 滤波后,加到晶体管 BG_3 、 BG_4 基极上,作为开关电路的直流输入信号。

开关电路由 $BG_3 \sim BG_6$ (旋密特触发器),可控硅 SCR_1 、 SCR_2 ,整流器 ZL_3 、 ZL_4 等组成。整流器 ZL_3 提供了晶体管 $BG_3 \sim BG_6$ 的工作电源, ZL_4 提供可控硅主回路的电源。在无差值信号 ΔV_{ab} 输入时, BG_5 、 BG_6 导通,在电阻 R_7 、 R_8 上产生电压降,使 BG_3 、 BG_4 的发射极电位高于基极电位 (接近负极电位),因而 BG_3 、 BG_4 能可靠截止,而 BG_5 、 BG_6 管集电极电位 V_c 、 V_d 较低 (R_{10} 、 R_{12} 上有电压降),稳压管 DW_1 、 DW_2 截止,可控硅 SCR_1 、 SCR_2 因无触发信号而截止,继电器 CJ_1 、 CJ_2 皆不动作,电磁阀不通电。当有差值信号 ΔV_{ab} 输入,如 $V_a > V_b$ 时,使 BG_3 通过二极管 D_{10} 在基极与发射极间加上正向电压并导通。而 BG_4 的基极与发射极间加上反向电压,使之可靠截止。二极管 D_9 、 D_{10} 对截止管 BG_3 或 BG_4 起限幅保护作用。 BG_3 导通后,使 BG_5 的基极与发射极同电位而截止, c 点电位升到电源正极电位,稳压管 DW_1 导通,触发可控硅 SCR_1 导通,继电器 CJ_1 吸合,电磁阀 T_1 通电,舵叶转动,给出左舵。同理,当有差值信号 $V_a < V_b$ 时,则 BG_4 导通,引起

BG_6 截止, 于是 SCR_2 导通, 继电器 CJ_2 吸合, 电磁阀 T_2 通电, 舵机动作, 舵叶向反方向转舵, 给出右舵。

利用可控硅可以构成无触点开关, 如图中所示。采用双向可控硅 FLS_1 、 FLS_2 等组成的开关插件, 可以代替有触点的继电器 CJ_1 、 CJ_2 继电器插件, 供使用者选择。

3. 常见故障检修方法

对于电子式自动操舵仪, 其故障检修可按电子设备维修方法进行, 现用传统故障诊断法分析下列常见故障:

(1) 自动操舵失效, 舵叶不偏转;

首先进行常规检查, 即:

①检查电源, 包括电源开关, 熔断器、变压器线路、工作直流电源;

②检查操舵仪的开关是否处于自动位置;

③检查各元器件是否松脱, 各插件是否接触良好;

④检查各元器件是否有异常现象, 如有无过热, 焦糊痕迹; 线头是否松动, 掉落等现象;

⑤检查各传动齿轮是否啮合好, 有无卡阻, 止动销是否脱落。

经过常规检查, 没有发现异常, 进行操舵方式切换。切换到随动操舵。若也不来舵, 说明舵机拖动系统有故障, 如液压动力没有, 管路堵塞。若操舵正常, 说明自动操舵系统有故障。此时, 应首先检查运算放大器输出端有无输出。若有输出, 说明功率放大电路有故障, 这时, 测量 $-E_{cl}$ 与 $+E_{cl}$ 电压, 若正常, 应检查四个微型继电器 (一般采用替代方法来检查), 若四个继电器正常应测量运算放大器的输出是 “+” 信号, 还是 “-” 信号, 若为 “+” 信号, 应按 BG_9 、 BG_{11} 、 BG_{12} 、 BG_{14} 顺序测量 U_{ce} , 测得第一个不为 0, 这时, 测该管的基极电位, 看是否正常, 若正常, 说明该管有开路故障。若不正常应检查与其并联的元件, 如电阻开路, 二极管开路。若为 “-” 信号相似, 检查 BG_{10} 、 BG_{13} 、 BG_{15} 。若运算放大器没有输出, 测输入信号, 若有, 并调节航向调节器, 也随之变化, 说明运算放大器损坏, 更换之。若没有输入, 此时, 应测 R_{39} 上的压降, 若有压降, 并随操航向调节变化, 说明调节装置接触不良或线路开路, 若 R_{39} 没有压降, 此时, 应检查相敏整流电路, 接收机 J_2 的激励电源和 J_2 本身。

(2) 手轮在零位, 舵叶偏离零位

这种故障说明系统中存在一个误差偏航信号, 这个偏航信号可能来源于: ①舵叶反馈装置产生误差; ②手轮零位误差; ③相敏电路失去平衡; ④放大器误差。所以, 要逐一进行检查。

首先把 $K1$ 开关打到随动位置 (HAND), 把舵叶操回到零位, 这时, 手轮的位置就是误差角, 利用灵敏度调节电位 R_4 产生一个反压与这个误差角相抵消。若 R_4 调节无效时, 此时, 应检查反馈桥臂电阻值。其次, 检查相敏整流的三极管 BG_1 和 BG_2 , 若两管子老化, 参数不一致, 造成 ΔU_{ab} 有输出, 使舵叶偏离, 桥臂上的二极管 D_{5-8} 和 R_{14} 、 R_{15} 不对称也会产生误差信号输出 ΔU_{ab} , 所以, 应检查这些元件。

(3) 左、右舵角不对称

在随动操舵时, 发生左、右舵角不对称, 这种故障的原因除了 (2) 故障原因外, 还有左、右操舵的施密特电路阈值不一致所造成。这时, 按 (2) 检查后, 还应检查施密特电路的共发射极电阻 R_7 与 R_8 是否参数一致, BG_3 、 BG_4 、 BG_5 、 BG_6 参数是否一致, 不一致,

应更换。

(4) 随动操舵时, 不能跟踪

若操舵时, 舵叶不能停在所操舵角上, 一直跑满舵, 原因在于无舵角反馈信号, 这时, 应检查舵叶与 R_{18} 的连杆是否脱落; 滑动触点是否脱开; 反馈线路是否存在开路等。

若自动操舵方式下, 改变航向时, 不能按比例给出初始舵角, 而是一直跑满舵, 也是没有舵角反馈信号; 此时, 应检查舵叶与 R_{18} 的连杆是否脱落, 滑动触点是否脱开, K_1 的开关是否接触良好, $K_{比}$ 调节档位开关是否接触良好, 线路是否存在开路故障。

(5) 随动操舵时, 只能来单方向舵角

这种故障说明与操舵方向有关的单元出故障。这时, 首先改变操舵方式, 改用自动操舵, 用调节航向方法, 使舵向故障方向偏转, 若正常, 说明舵机系统和故障方向的电磁阀正常, 问题出在随动操舵系统的故障方向元件。这时, 测量 a 、 b 两点电压, 同时操手轮, 若有极性和大小变化。说明故障在于故障方向的施密特电路, SCR 或微型继电器, 若 a 、 b 两点电压只有单方向, 说明相敏整流电路故障, 应检测 BG_1 、 BG_2 、 D_{5-8} 、 R_{14} 、 R_{15} 。

(6) 系统产生振荡

系统发生振荡故障, 是灵敏度调节过高, 所造成的, 在随动操舵时, 在小角度下发生振荡, 应调节电位器 R_4 , 在自动操舵时, 应调节 K_3 。使灵敏降低一些, 防止系统发生振荡。

(7) 左、右偏离转速相差过大

检查左、右电磁阀是否有卡阻现象, 油路是否堵塞受阻。

当然还有其他故障现象, 只要我们根据线路原理, 各电路的功能作用, 就能分析出故障原因。

例二 HQ-4 型自动操舵仪故障检修方法

HQ-4 型自动操舵仪的方块图如图 6-44 所示。

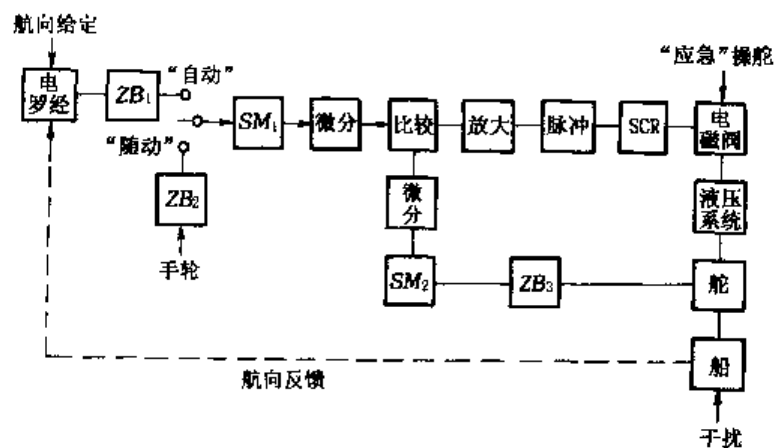


图 6-44 HQ-4 型自动舵方块图

其线路原理图如图 6-45 所示。它是采用半导体无触点元件控制, 属于比例—微分—积分控制系统。它与航海-2 型罗经配套使用, 通过电磁阀来控制定量泵的液压舵机, 它有自动、随动和应急三种操舵方式。

1. 自动操舵工作原理

从罗经来的偏航信号通过自整角机 ZB_k 带动自整角变压器 ZB_1 , 使相敏整流电路 SM_1 输出一个与偏航方向对应的极性和大小, 对应的直流电压信号通过微分电路与舵叶反馈信号

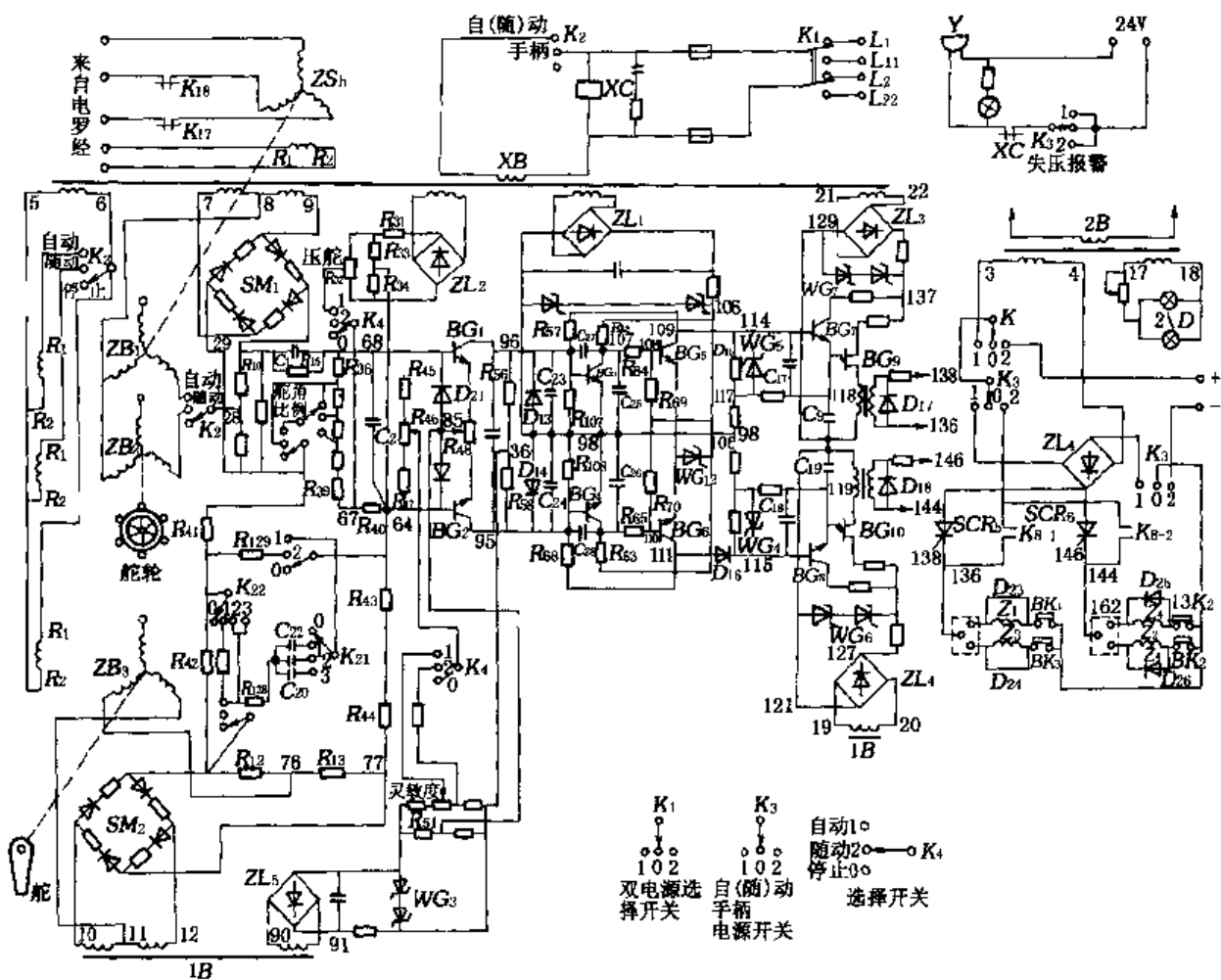


图 6-45 HQ-4 型自动舵线路原理图

综合，经 BG_1 、 BG_2 的差动放大，加到触发开关电路，来触发相应的可控硅 SCR_1 ，使电磁阀动作，液压推动舵转，舵转带动舵角反馈自整角机 ZB_3 ，并产生一个相应的交流电压，经相敏整流器 SM_2 和微分电路 (R_{18} 、 C_{20} 、 C_{21} 、 C_{22}) 进入综合比较环节，而舵角反馈信号与偏航信号相反，当二者大小相等时，舵叶停止在某一角度上，使船回转。船舶回航时，偏航信号开始变小，此时，反馈信号大于偏航信号，放大器输入相反，其输出信号使另一可控硅导通，另一电磁阀动作，改变油路，使舵叶回转。船舶接近正航向时，舵叶由于反馈回路的微分环节作用，向另一舷转一小角度，起着稳舵角作用，通过这个“S”型调节后，使船保持在给定航向上。

2. 随动操舵工作原理

把操舵方式置于随动位置，手轮带动自整角变压器 ZB_2 ，替代了自动操舵方式的 ZB_1 发信器。转动手轮， ZB_2 就产生一个相应的交流电压，经相敏整流、微分电路与舵角反馈信号综合后，送到差动放大器放大，加入触发电路，使相应的可控硅 SCR 导通，电磁阀动作，舵叶转动，并带动自整角变压器 ZB_3 ，产生一个相应的交流电压，经相敏整流 SM_2 送来舵角反馈信号，当操舵信号与舵角反馈信号相等时，舵叶停在所操舵角上。

3. 应急操舵

应急操舵是由操作于手柄直接接通，关断左、右舵电磁阀。

4. 常见故障检修方法

(1) 自动操舵失效。

首先进行常规检查：

- ①检查电源，包括熔断器、变压器线路和工作直流电源；
- ②检查操舵方式开关是否放在自动位置；
- ③检查印刷线路板是否松脱，插件是否接触良好；
- ④观察各元器件是否有异常现象，如：有无过热，焦糊痕迹；线头是否松动，掉落等现象。

经过这些常规检查后，没有发现异常现象，进行操舵方式切换试验。先切换为随动操舵方式，如果随动操舵正常，说明随动操舵与自动操舵方式的公共部分线路正常，故障就出在外环元件上。这时，应检查 ZB_1 的激励，本身是否完好，自整角机 ZB_h 是否正常，连杆是否脱落，电罗经的自整角机发信器是否正常。

若随动操舵不来舵，此时应改为应急操舵，若应急操舵也不来舵。首先应检查舵叶限位开关 BK 是否闭合完好，检查电磁阀是否完好、控制电源是否完好，先测 ZL_6 是否有输出，没有输出，应测 $2B$ 的 3、4 两端电压，若这些都正常，应检查手柄触头 K_{8-1} 和 K_{8-2} ，若应急操舵正常，说明故障出在随动操舵和自动操舵的共同电路部分。这时，打到随动操舵方式下，测 96 与 95 或 68 与 67，并操动手轮，测得随手轮操舵角变化而变化，说明故障出在触发电路，一般而言，左、右触发器电路同时失效的概率比较低。若测 96~95 信号没有或很小变化，说明差动放大器、综合网络、微分电路，相敏整流电路有故障，这时，应测量相敏整流 SM_1 是否有输出，无输出，说明其存在开路故障；若有输出，测 68~64，若无信号，说明微分、综合网络存在开路故障；若有输出，说明差动放大器故障，更换一对参数一致的三极管。

(2) 手轮在零位，舵叶偏离零位

这种故障说明系统中存在一个误差信号，这个误差信号来源于：①舵叶反馈发信装置 ZB_3 ；②手轮随动操舵发信装置 ZB_2 ；③相敏整流电路 SM_1 、 SM_2 失去平衡；④差动放大器误差等。

首先检查手轮零位是否有误差信号输出，其方法为，把手柄定在零位，用万用表测相敏整流电路 SM_1 的输出端 29，应当没有输出；若有输出可能是手轮带动自整角机中心没有对好或 SM_1 的桥臂参数不对称。首先把发信器 ZB_2 脱离电路，测 SM_1 的输出，若无输出，说明手轮带动自整角机调零没有调好，这时，只要监视 SM_1 的输出，对手轮的自整角机调零，调到零输出时，就是手轮零位。其次，检查舵叶反馈发信器 ZB_3 的 SM_2 ，方法同上；最后，检查 BG_1 和 BG_2 的输出，前面调零和灵敏度调节之后，其输出应为 0，若不为 0，说明线路元件故障或 BG_1 、 BG_2 参数变化。若 BG_1 、 BG_2 参数没有变化或更换新管时，故障没有消失，应调节电位器 R_{46} ，使差动放大器调零。

(3) 左、右舵角不对称

这种故障的原因除了 (2) 故障外，还有左、右舵控制电路失去平衡。为此，除了按 (2) 检查外，还要检查触发开关电路元件参数的对称性。

若一直跑舵故障，说明舵角反馈回路开路，应检查舵角发信器 ZB_3 、 SM_2 反馈网络和舵角比例选择开关。这种故障发生在不操舵时，说明系统存在误差信号，除了反馈回路故障外，还应按 (2) 排除误差信号。

(4) 随动操舵只能单方向来舵

这种故障说明与操舵方向有关的单元出故障。如故障方向的电磁阀线圈损坏或不动作,故障方向放大触发电路故障或可控硅损坏或断路,电路中有虚焊,接触不良等造成。

检查步骤:首先改为应急操舵,若正常说明电磁阀是好的,否则,应检查电磁阀、操作电源 2B 和整流器 ZD₆;其次,若应急操舵正常。应检查故障方向触发通道的元件,如 BG₃、BG₅、BG₇、BG₉ 或 BG₄、BG₆、BG₈、BG₁₀ 等,同时应检查 ZD₃ 或 ZD₄。

(5) 随动操舵时,实际来舵角小于或大于手轮操舵角

这种故障的原因在于发信信号与手轮操舵角变换比和舵角反馈回路的信号与舵角变换比不一致。若实际来舵角小于手轮操舵角,可能相敏整流电路故障,使输出变小或微分网络参数变化,使信号衰减太大。若实际来舵角大于手轮操舵角,说明舵角反馈发信器输出变小或反馈网络元件参数变化,衰减太大。检查方法同(2),不够这时不是检查零点,而检查 SM₁ 和 SM₂ 输出在相同角度下的信号一致性。具体过程不重述。

(6) 系统发生振荡

是灵敏度调节不当引起的,检查灵敏度控制电路中元件(如 ZL₅,灵敏度电位器 R₅₄,开关 K₄、以及 R₄₆),线路有无异常。有时操舵速度太快,也会使系统振荡。

例三 HD-5L 型自动舵控制系统故障检修方法

HD-5L 型自动舵属于比例—微分—积分自动操舵系统,它具有自动、随动和应急操舵三种操舵方式,系统的电气线路原理图如图 6-46 所示。

1. 自动操舵系统工作原理

把操舵方式开关 K 打在自动位置上,偏航信号使自整角机 J₂ 转动,带动自动操舵发信器 XB₁,产生一定相位的交流电压,通过相敏整流电路 BZ_{1~2}在 R₃ 产生一个与偏航角成比例的信号通过灵敏度调节环节加到比例积分调节器 YSQ,其输出控制左或右舵继电器的得电,接通一个电磁阀,舵叶转动,使船舶回转,同时,舵叶转动,舵叶反馈发送器的自整角机 Fd 带动 XB₃ 转动,产生一定相位交流电压,经相敏整流电路 BZ_{3~4}在 R₆ 产生一个舵角微分的反馈信号。当舵角反馈信号与偏航信号相等时,PI 调节器 YSQ 无输出,操舵继电器失电,舵叶在一定角度上,使船舶回转,偏航角减小,舵角反馈信号大于偏航角信号,调节器 YSQ 输出改变极性,使另一个操舵继电器有电,接通另一个电磁阀,使舵叶回转,减小舵角。使船舶接近给定航向时,减小转船力矩,防止过冲,同时,舵角反馈微分信号,也起着稳舵角作用,最后,通过几个“S”型衰减曲线调节过程,使船舶回到给定航向上。

2. 随动操舵工作原理

把操舵方式开关 K 置在随动位置,只是手轮发信机构 XB₂ 替代了自动操舵机构 J₂—XB₁,断开了外环。使得舵角跟踪手轮所操的舵角。其工作过程与自动操舵出现航偏角(不够这时是手操角度)后,一直到舵角反馈信号与其相等,舵叶停在一定的角度上的动作过程一样,只不过这时舵角是手轮操纵所要的。所以不必重述。

3. 应急操舵

手轮控制触点 CB₂₃、CB₂₄直接通断左右舵电磁阀 DCF₁ 和 DCF₂。

4. 线路特点

(1) 发信器

XB₁:自动操舵信号发信器;XB₂:随动操舵信号发信器;XB₃:舵角反馈信号发信器。它们均是自整角变压器,输出一个与角度有关相位的交流信号送给下级相敏整流电路。

(2) 相敏整流电路

HD-5L 型自动舵采用两组相敏整流电路, 一组供自动操舵信号和随动操舵信号用, 另一组供舵角反馈信号用, 它是由两个整流桥 BZ_1 和 BZ_2 (BZ_3 和 BZ_4), 电阻 R_1 和 R_2 (R_4 和 R_5) 组成。

(3) 灵敏度调节

它通过开关 K_5 改变附加死区来实现。它是由整流桥 BZ_6 , 电阻 $R_{30} \sim R_{33}$ 、 R_{23} 、 R_{29} 及二极管 D_1 、 D_2 等组成, 当 K_5 在第一档时 (图中所示) 偏航角信号不附加死区, 直接加主调节器 YSQ , 此时灵敏度最高。当 K_5 在其他各档时, 偏航角信号要克服 D_1 和 D_2 的闭锁电压及 R_{28} 或 R_{29} 上的电压降后, 才能送到调节器 YSQ 的输入端, 否则偏航角信号就无法送入调节器 YSQ 的输入端, 因而形成了一个死区 (即系统不灵敏区), 所以在死区内系统不工作。由于 $R_{30} \sim R_{33}$ 依次减小, 通过 BZ_6 整流, 加在 R_{28} 、 R_{29} 的电压依次增加, 所以, K_5 从第 1 档至第 5 档移动时, 系统灵敏度依次降低。

(4) 左、右舵操作电路

它是由开关三极管 BG_4 、 BG_5 , 继电器 JD_1 和 JD_2 组成, 在自动操舵和随动操舵时, 调节器 YSQ 输出控制开关电路 BG_4 或 BG_5 导通, 使得继电器 JD_1 或 JD_2 有电, 从而接通左或右舵电磁阀, 使舵叶转动。

(5) 舵角指示器

Fd : 为舵角发送器, 装在舵机舱的反馈装置中, Jd : 为舵角接收器, 装在操舵仪中。 Fd 和 Jd 组成同步传递系统, 当舵叶偏转时, Fd 转动, Jd 跟着同步转动, 并带动指针偏转, 在舵角指示器刻度盘上指示出舵角的大小。

(6) 串联稳压电源

运算放大器 YSQ 所需要的正负电源。它由桥式整流器 BZ_5 , 串联射极输出器, 稳压管 $WY_1 \sim WY_3$ 组成的串联稳压电源供给。

5. 故障检查方法

由 HD-5L 型系统工作原理和各环节电路特点, 发信机构与 HQ-4 型相似, 信号综合和放大部分与“安修斯”型相似。其左、右舵控制电路很简单, 不同的是相敏整流电路, 请读者记住, 相敏整流电路是一个对称电路, 有一个公共对称点, 所以, 相敏整流有故障, 只要检查电路参数是否对称。因此, HD-5L 型自动舵故障检修方法, 可参照 HQ-4 型和“安修斯”型进行, 这里就不必重述。

例四 “向阳-3”型自动操舵仪故障检修方法

“向阳-3”型自动操舵属于“比例—微分”控制的自动操舵系统, 它与“航海-1”型电罗经配套使用。它具有自动、随动、应急三种操舵方式。可实现微分调节, 比例调节, 灵敏度调节, 压舵调节, 航向调节等, 另外, 还有设有偏航报警及电源故障报警。其原理方框图如图 6-47 所示。

其线路原理图, 如图 6-48 所示。

1. 自动操舵工作原理

当船舶受到风浪、水流等外力干扰, 偏离给定航向, 比如向右偏航, 主罗经检测出船舶向右偏航 φ 角, 主罗经上的发信机带动操舵仪上的分罗经接收机 LJ 转动。它带动自整角机 ZF_1 转子转动一个相应的角度, 于是自整角机 ZF_2 输出绕组便输出一定的交流信号 E_{ZF} , 通过相敏整流电路 $D_3 \sim D_6$ 进行整流并分压得到直流电压信号 U' (其极性取决于偏航方向),

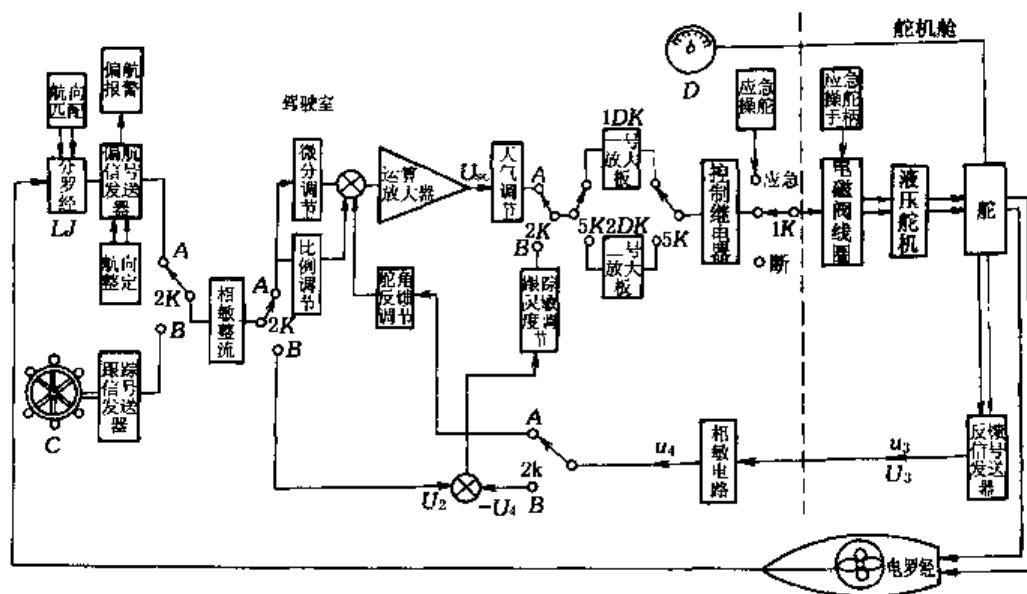


图 6-47 “向阳-3”型自动舵系统框图

加到运算放大器输入端。通过运算放大输出给触发开关电路，触发开关电路根据输入信号的极性，使相应的可控硅 SCR_1 触发导通，使输出继电器 $1J$ 或 $2J$ 有电，接通左舵或右舵电磁阀。使舵叶转动。并带动舵角反馈发送机 FQ 转子转动， FQ 便产生一定相位交流信号 U_3 ，经相敏整流器 $D_7 \sim D_{10}$ 并分压得到直流舵角反馈信号 U_4 ， U_4 和 U'_1 以反向并联接法加到运算放大器，当舵角转到一定角度 β 时， $U_4 = U'_1$ ，运算放大器输出为 0，开关触发电路无输入信号，可控硅 SCR_1 关断，左舵电磁阀失电，舵叶就停在 β 角上。船舶在舵的回转力矩作用下向给定航向回航，偏航角 φ 就逐渐减小，于是 U'_1 逐渐减小，但舵叶仍处于 β 角处，这时， U_4 就大于 U'_1 ，运算放大器，开关触发电路的输入端极性发生变化，使另一个可控硅 SCR_2 导通，接通另一个电磁阀，使舵叶向右转，当船舶回到给定的航向上时，舵叶也回到首尾线上。此时， U'_1 和 U_4 均为零，运算放大器，开关触发电路无输入信号，可控硅 SCR 关断，舵叶就停在首尾线上。

2. 随动操舵

当操舵方式开关置在随动位置， $2K-6$ 接通，手轮操舵发送机替代了自动操舵偏航角发送机，断开外环，进行随动操舵。手轮带动随动操舵的发送机 GF 转子转动一个角度 φ ，它就产生一定相位的交流信号 U_1 ，舵角反馈信号 U_4 的反向串联后，通过灵敏度调节 GLM 直接加到开关触发器电路，使舵叶转动。当舵角转到 φ° ， $U_4 = U'_1$ 开关触发电路输入为 0，开关触发电路不工作， SCR 就关断，舵叶就停止在所操要求的舵角上。

3. 应急操舵

操舵手轮上的触点 YJK ，直接控制左、右电磁阀，使舵叶偏转。

4. 线路特点

(1) 信号发送器

LJ 、 ZF_1 、 ZF_2 ：自动操舵发信器， ZF_1 、 ZF_2 同步传递系统， GF ：随动发送机； FQ ：舵角反馈发送机。

(2) 相敏整流电路

共有两组：一组供给自动操舵偏航角信号和随动操舵信号共用，另一组供给舵角反馈信号用，它们是单桥式，实际上是一个二极管环形解调器（与安修斯自动操舵系统相同）在电

路参数相同,二极管特性对称的条件下,相敏整流的输入、输出关系:

①当输入的交流电压为零时,输出的直流电压也为零;

②当有一定相位的交流信号输入量,输出的直流电压也具有一定的极性,输出大小随输入而改变;

③当输入的交流信号电压相位改变 180° ,则输出的直流信号电压极性改变。

(3) 运算放大电路

它属于比例—微分调节器。

(4) 开关触发电路

开关触发电路分成两级:第一级由 TD_1 、 TD_2 组成, R_{55} 、 R_{56} 、 R_{57} 、 R_{62} 组成了这一级的电流负反馈偏置电路,由稳压管 DW_5 供给6V偏置电源。第二级由一个通道 TD_3 、 T_1 、 T_3 和另一通道 TD_4 、 T_2 、 T_4 组成。在静态时,第一级 TD_1 、 TD_2 都是导通,第二级,两个通道关断,管子截止。当运算放大器输出为0时,第一级 TD_1 、 TD_2 由偏置电路提供偏置电压,使它们都导通,而 D_{17} 、 D_{18} 的正向压降0.6V,使第二级的 TD_3 、 TD_4 反向偏置,使其截止, SCR_1 、 SCR_2 都是被关断。当运算放大器有输出,其极性假定为上“+”,下“-”时,使得 TD_2 截止,使 TD_4 导通, T_2 基极低电位, T_2 导通,使 T_4 也导通,输出触发电压给 SCR_2 。当输入极性改变时,另一个触发通道(TD_3 、 T_1 、 T_3)工作。

(5) 左、右舵控制电路

它是采用继电器,电磁阀来实现。

(6) 最大偏航角 $\varphi_{\max}$ 报警电路

偏航角信号 U_1 经 $D_{36} \sim D_{39}$ 整流,通过 T_{11} 的射极跟随器加到 T_{12} 、 T_{13} 构成的施密特电路。当偏航角信号达到预整定 $\pm 6^\circ$ 偏航角的对应的施密特上限阈值时, T_{12} 导通, T_{13} 截止, T_{14} 也截止,报警继电器8J失电,它的常闭触点闭合,接通喇叭,发出声报警。

5. 调节装置

(1) 随动操舵灵敏度调节

它是通过调节GLM电位器来实现的,当增加GLM阻值,手轮给出转舵角的信号 U'_1 就得大一些,才能使开关触发电路工作,所以,灵敏度就降低,反之,灵敏度提高。

(2) 天气调节

它是通过波段开关TQT调节电阻值来实现的,从而改变运算放大器的输出信号,以达到改变加到开关触发电路输入信号的大小,第一档灵敏度最高,第五档灵敏度最低。

(3) 舵角比例调节

它是通过波段开关,DJT改变反馈信号的强弱来实现的。

(4) 微分调节

它是通过波段开关WFT的转换,改变运算放大器输入端外接的微分电容及串联电阻来实现的,在1档没有微分作用,2~5档依次增强。

6. 故障检修方法

我们以“自动操舵失效,舵叶不偏转故障”为例来说明其检修方法。

首先按上面所述的常规检查。若查找不出什么问题,切换为随动操舵。若随动操舵正常,说明自动操舵发信机构故障,应检查LJ与ZF₁的传动机构,ZF₁和ZF₂连接线路是否有开路,ZF₂的输出绕组是否开路。若这些检查正常。就得替换电路板,一般运算放大集成管失效比较常见。若随动操舵不正常,应再切换为应急操舵,若正常来舵,说明执行机构电

电磁阀，舵机系统正常，故障出在随动和自动操舵的公共线路部分。这时把操舵方式放在随动操舵位置，把 5K 打到二号触发电路板，再进行随动操舵，若正常说明一号触发电路板 1DK 故障。触发电路板故障检修按线路图和电子设备故障检修方法来进行，这里不重述，若此时还不能来舵。更换相敏整流板 SM，若故障消失，说明换下相敏整流板故障。若故障没消失，此时就检查切换开关 2K 是否接触良好，1B 变压器的解调电压是否正常。GF 的激励和本身是否正常。

因为舵机是船舶安全航行的重要设备，一出故障，应尽快修复。快速排除故障的最有效的方法，就是替代法，把可疑的印刷板，元件替换掉，然后把故障印刷板离线检修，检修好之后，作为备用，若无法自行检修，应上备用印刷板或元件，同时，对舵机系统应加强维护，保养及做好备件管理工作，确保船舶安全航行。

对于其他故障可参照上面有关方法来检修。

例五 HQ-5GD 型自动操舵系统电气控制故障检修方法

HQ-5GD 型自动操舵系统属于比例—微分—积分控制具有两套独立控制通道，并有自动、随动、应急三种操舵方式。可实现偏航信号的积分、微分调节。具有较高可靠性，其系统原理方框图，如图 6-49 所示。其电气系统原理图，如图 6-50 所示。

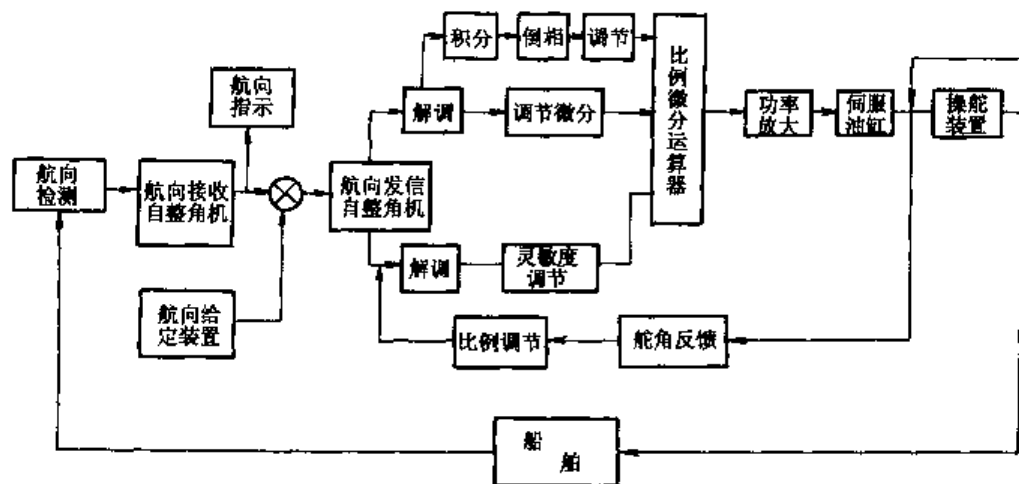


图 6-49 HQ-5GD 自动舵系统方框图

1. 自动操舵工作原理

当船舶受干扰力矩作用下，使船舶偏离给定航向，分罗经上接收到偏航角 φ ，就带动自动操舵发信器 F_1 的转子转动一个角度， F_1 的产生一定相位的交流电压信号加到相敏整流器的输入变压器的原边，经相敏整流器 $D_1 \sim D_4$ 输出一个直流电压信号（其极性由偏航方向决定） U_1 ，它分别送到积分调节器 JC_1 和微分网络 $C_7 \sim C_9$ 中，对偏航信号进行积分、微分和比例调节。经过调节器 JC_3 输给 T_4 、 T_5 或 T_7 、 T_8 构成施密特触发器触发电压，经 T_6 （或 T_9 ）放大后去触发可控硅 SCR 导通，使相应的电磁阀得电，控制伺服液压油缸，使舵叶转动，舵叶的转动，带动舵角反馈机构，使舵叶反馈发信器 F_3 转子转动一个角度，产生一定相位的交流电压信号，通过自耦比例变压器加到相敏整流器输入端变压器的原边，通过相敏整流得到一个直流电压 U_s ，通过灵敏度 W_6 或 W_7 后的 U'_s 加到运算放大 JC_3 进行综合运算。当 $U'_s = U_1$ 时，舵叶就处于某一角度 β ，产生转船力矩，使船舶向给定航向回转，偏航角就减小，相敏整流输出的信号 U_1 也减少，这是 $U'_s > U$ 综合调节后， JC_3 的输出极性改变，开关触发电路的另一通道工作，触发另一个可控硅 SCR 使其导通，从而另

一个电磁阀得电, 控制伺服液压缸, 使舵叶角减小, 防止船舶回到给定航向上时, 造成很大的过冲, 通过 S 型线调节过程, 船舶回复到给定航向上。

2. 随动操舵工作原理

HQ-5GD 型随动操舵工作原理与“向阳-3”型的随动操舵工作原理有点相同。“向阳-3”型是把随动操舵指令信号和舵角反馈信号分别通过相敏整流器后进行反相串联叠加, 输给运算放大器; 而 HQ-5GD 是把操舵指令发信器输出与舵角反馈发信器输出直接反相叠加后, 产生的相差信号经相敏整流器 $D_5 \sim D_8$, 再经灵敏度调节送到运算放大器 JC_3 进行放大, 加到开关触发电路, 根据相差信号的极性, 相应的通道工作, 触发对应 SCR, 使其导通。电磁阀得电, 使舵叶偏转, 当舵叶转动的角度与手轮操舵指示角度相等时, 随动发信器和舵角反馈发信器的信号相等, 反相串接后, 加给相敏整流器的输入端 8B 为 0。这样, 相敏整流器 $D_5 \sim D_8$ 的输出运算放大器输出都为 0, 触发电路不工作, SCR 关断, 电磁阀失电, 舵叶就停留在手轮所操的舵角上。

3. 应急操舵

手轮上的操舵 2HK 开关, 直接控制左、右舵电磁阀, 接通或断开, 从而操纵舵叶偏转。

4. 线路特点

(1) 信号发信器

F_0 : 偏航接收机; F_1 : 自动操舵发信器; F_2 : 随动操舵发信器; F_3 : 舵角反馈发信器。

(2) 相敏整流

它是采用半波整流式, 它的输入、输出关系同“向阳-3”型自动舵的相敏整流器的关系一样, 这里不重述。

(3) 偏航信号处理

偏航信号在 JC_1 进行积分运算倒相, 同时对偏航信号进行微分 ($C_7 \sim C_9$ 和 JC_3) 处理。使系统得比较好的动、静态特性。

(4) 综合放大电路

综合放大电路是由 JC_3 运算放大器等组成。在 JC_3 运算放大器上, 对偏航积分信号, 舵角反馈信号进行比例综合, 同时对偏航信号进行微分处理, 得到一个综合控制信号加到开关触发电路。

(5) 开关触发电路

它是由施密特电路和一级射极跟随器组成。当综合放大器输出为“+”, 并达到门槛电压值时, T_4 导通, T_5 截止, T_6 导通, 触发 SCR_1 。当输出为“-”, 并达到门槛电压值时, T_7 导通, T_8 截止, T_9 导通, 触发 SCR_2 。

(6) 压舵角信号

它是由一个串联射极输出稳压电源提供一个稳定的电压信号, 从电位器 W_9 取出。

5. 故障检修方法

HQ-5GD 型自动舵具有两个独立的完全一致的控制通道, 当一个控制通道发生故障时, 可用第二个控制通道替代。故障通道的检修, 可参照“向阳-3”型自动舵的检修方法进行, 因为它们工作原理是一样的, 只是实现的具体线路有所区别。再根据上述的电路特点, 不难找出故障原因和故障元器件。这里不重述。

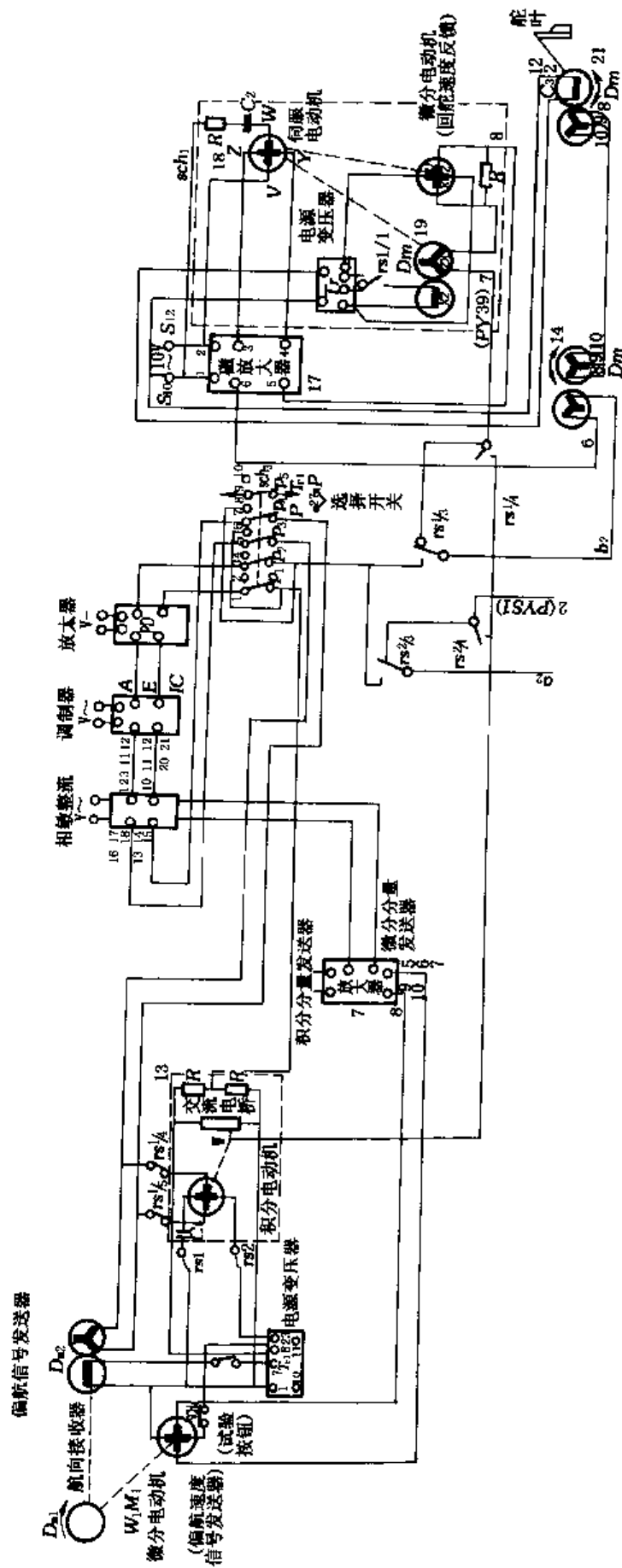


图 6-51 HSH 型自动舵系统图

例六 HSH 型自动舵故障检修

HSH 型自动舵是属于比例—微分—积分控制方式，它的最后级放大器是采用磁放大器，并信号综合放大，加到伺服电动机，其执行机构设置两套。它的系统图，如图 6-51 所示。

其工作原理方框图，如图 6-52 所示。

1. 工作过程

航向接收器 2 信号和给定航向信号在 3 进行比较，给出偏航向信号，同时，航向接收器带动微分电动机，给出偏航速信号 4 经微分分量放大器 7 放大后，与偏航信号一起加到相敏整流器 8 变换为直流电压信号（其极性取决于偏航的方向），把这个信号在调制器 10 上进行调制成对应偏航方向的相位的交流信号，然后送到比例、微分放大器 11 进行放大，加到比较

环节 16，在比较环节还有伺服电动机转速的比例、微分信号和舵角反馈信号，把这三个信号进行比较综合加到综合磁放大器 17，经放大后，输给伺服电动机，控制液压系统，使舵叶偏转。偏转到综合放大器为 0，伺服电动机不转，舵叶就停止某一个角度上，在这个舵角转船力矩作用下，船就向给定向上返回。偏航信号就减小，此时，舵角反馈信号大于它，综合放大器的输出相位改变 180°，使伺服电动机反转，使舵叶返回偏转。减小转船力矩，防止船舶回到给定航向时，有太大的转船力矩，出现过大超调量。这样，使船舶自动返回到给定航向上。

2. 故障检修方法

HSH 型自动舵故障检修见表 6-3。

HSH 型自动舵可能出现的故障及排除方法

表 6-3

故障现象	故障原因	检查及排除方法
手轮（随动）操舵时，舵角不来，舵叶始终停在首尾线上	1. 手轮操舵的自整角变压器的激磁电压消失 2. 手轮操舵的自整角变压器的同步绕组发生短路	1. 检查自整角机激磁电压（用万用表测其两端）并恢复其电压 2. 在电网电压断开情况下，用电桥测量同步绕组的引出端，看其阻值是否小于完好备件的阻值，如阻值过小，找出短路后排除之
舵停在某舵角上不能动	1. 电网电压消失 2. 控制回路断开 3. 接到磁放大器的电网电压消失 4. 磁放大器故障 5. 磁放大器到执行电动机的控制绕组间的连线断开，执行电动机上无电压	1. 检查电源熔断器，如熔丝断则更换 2. 检查控制回路 3. 检查磁放大器电网电压 4. 检查磁放大器输出端有否电压（约为 30V），出现故障时修复更换 5. 检查连接线且更换断线
船舶围绕规定航向作甚大的振荡	1. 交流测速发电机 WTM_1 （微分环节）的电压消失 2. 交流测速发电机 WTM_1 发生故障	1. 检查通到测速发电机激磁的电源线，并排除断线 2. 修复

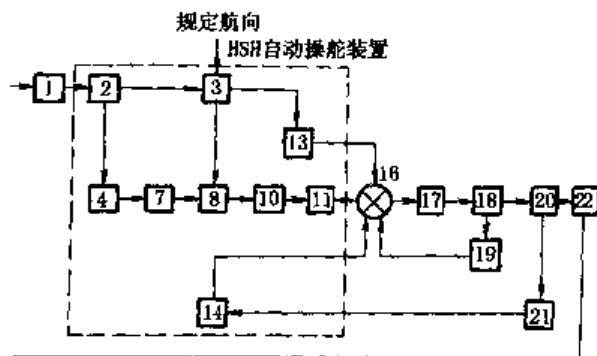


图 6-52 HSH 型自动舵 PID 调节系统方框图

1-电罗经；2-航向接收器；3-偏航信号发送器；4-微分分量发生器；7-微分分量放大器；8-相敏整流器；10-调制器；11-比例、微分分量放大器；13-积分分量发送器；14、21-舵角反馈；16-比较环节；17-磁放大器；18-伺服电机；19-比例微分反馈信号发送器；20-舵叶；22-船舶

故障现象	故障原因	检查及排除方法
向左(或向右)转舵时,舵一直转到左舷(或右舷)极限位置,冲开限位开关为止	1. 反馈自整角变压器的激磁电压消失 2. 反馈自整角变压器的同步绕组发生短路	1. 检查自整角机激磁电压,并恢复 2. 用电桥测量同步绕组的电阻值
舵叶转动方向不正确如操左舵来右舵	磁放大器接到伺服电机 W_{f1} 的连线调换了	将一对接线端对调
舵停在小于或大于用手令操舵的指令舵角上	1. 舵杆和反馈发送器之间的机械连接传动比改变(正常为 1:1) 2. 舵杆和反馈发送器之间的机械连接调整不正确 3. 执行机械的从动杆杆和控制伺服泵的机械联接调整的不正确	1. 检查及调整好传动比 2. 脱开反馈发送器和舵杆之间的机械连接,在偏舵角零位和反馈发送器零位置时重新紧固机械连接 3. 重新调整好
手轮从零位转到指令舵角,但舵叶偏转角比指令舵大 1° 多,当手轮在零位时,舵不停在首尾线上而停在另一舷某一角度上	舵杆和拖动轴间的机械连接对称的松弛,即运行的正向和反向上有对称的游动间隙	消除间隙

四、自适应自动操舵装置

(一) 概述

每艘船都有其自己固有的运动特性,这是用船舶数学模型来表征。船舶数学模型的参数是随船速,装载吃水差和海况等因素的变化而变化,常规的 PID 自动舵不可能随着模型参数变化而自动调节 P 、 I 、 D 控制参数,使系统控制达到最佳工作状态,往往都是凭着驾驶员经验手动调节 P 、 I 、 D 参数,经常出现偏离最佳工作状态,即自动舵操舵次数多,转舵角和偏航角大。一般动舵次数越多,转舵角越大,船舶在转舵时,所受到的海水阻力也越大。阻力增大会加重主机的负荷,降低船舶航速,为了保持航速,就得加大油门,从而增加燃料消耗。同时偏航角增大,动舵次数多,增加了航程,从而降低了船舶运营的生产效率和经济效益。另外,动舵次数多,易产生无效舵,当操舵频率超过船舶开始转向的极限操舵频率时,无论转多大舵角,船都不会转向,转舵成为无效舵。从节能观点来讲是不希望出现无效舵,而从提高船舶操纵性能来讲,也应当避免产生无效舵。由于常规 PID 自动舵存在这些问题,从 60 年代,开始研制自适应自动舵。它是根据可测量到的船舶现时状态的信息(如转舵角、船首向、偏航角和船速等),不断地实时辨识船舶模型和扰动模型的参数并有效地滤除噪声、实施有效的控制使船舶能按设定的性能指标,尽可能达到或接近最佳控制。这样避免无效舵产生。在大风浪中航行时能自动限制转舵角,实现节能和安全航行的目的。

目前已有各类产品投放市场,如原联邦德国 Anschutz 公司的 NAUTOPILOT A 型和 CPLATH 公司的 NAVIPILOTAD 型,日本 YEW 公司的 PI-Z1 型,东京计器公司的 PT-7000 型,三菱重工的 TONAC 型,英国 Recal-Decca 的 780 型,瑞典的 KADPIL 型和荷兰 Amerongen 教授设计的产品等。

(二) 自适应自动舵的分类

目前较流行的自适应控制分成两大类,即自校正控制和模型参考自适应控制。

1. 自校正控制的自适应自动舵

自校正控制的自适应自动舵系统方框图,如图 4-53 所示。

它由被控对象和自校正控制器两部分组成。当船舶和扰动数学模型的参数（或状态）随机变化时，辨识器根据测量到的输入（舵角等）和输出（船首向等）信号用某种辨识算法在线辨识船舶模型和扰动模型的参数 $\theta(k)$ 或状态 $X(k)$ ，控制器利用辨识器得到的估计值 $\hat{\theta}(k)$ （或 $\hat{X}(k)$ ）与事先选定的性能指标通过控制算法对控制器的参数进行修正，再用修正后的参数和测量得到的输出量算出下一步应有的控制作用（即指令舵角）。随着运行过程的不断进行，自校正控制器不断地进行采样，估计、修正和控制，使控制的性能指标接近最优，使船舶保持在给定航向上。

2. 模型参考自适应自动舵

模型参考自适应自动舵系统方框图，如图 6-54 所示。

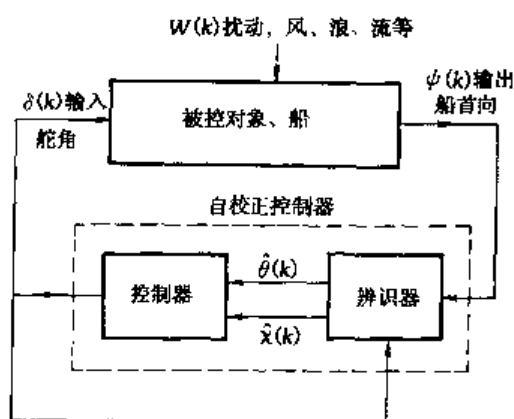


图 6-53 自校正控制的自适应自动舵系统方框图

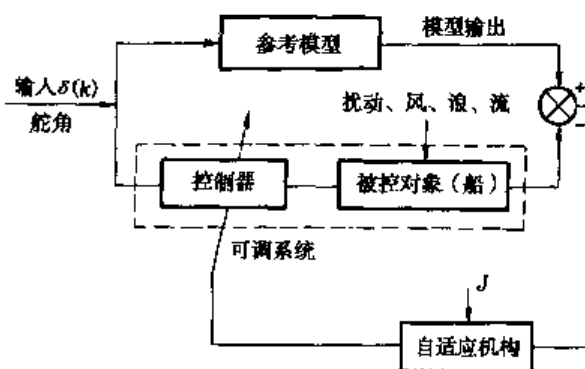


图 6-54 模型参考自适应自动舵系统方框图

它包括参考模型、自适应机构和由被控对象与控制器组成的可调系统。参考模型对于给定的输入能够产生期望的输出响应。当被控对象（船）受到风浪等外界扰动时，可调系统的输出和参考模型的输出之间存在着偏差，这个偏差送到自适应机构，它根据所选定的性能指标 J 进行计算。根据计算结果来修正控制器参数，从而使得性能指标 J 为最小，达到可调系统的特性接近于期望的参考模型的特性。读者欲知自适应自动舵的详细原理，模型的建立，参数辨识算法，可参阅有关书籍，这部分内容已超出本书范围。

（三）分析自适应自动舵装置线路的基本要领

自适应自动舵由于技术保密，生产厂往往只提供板面布置图及操作步骤等完整的资料，如何根据这些资料来分析其线路是维护管理人员需要解决的问题。

1. 弄清与常规自动舵共有的基本装备

它们是：（1）OFF-ON-NF（应急操舵）主控开关；（2）操舵分罗经；（3）操舵手轮及手操舵舵角指示器；（4）应急操舵用的操舵手柄；（5）操舵系统选择开关；（6）舵角指示器；（7）运行指示灯；（8）报警指示灯；（9）指示灯的亮度调节器；（10）电罗经航向匹配校正器；（11）舵角反馈装置；（12）航向设定开关等。

2. 弄清微机控制系统的基本装置

因自适应自动舵是用微机控制系统，因此，要弄清微机控制系统的基本装备，它们是：（1）微处理机印刷电路板。它包括 CPU、ROM 或 EPROM、RAM、译码器等，一般从集成电路芯片的型号通过查手册就可大体知道芯片的名称、功能、片脚意义及接线图等。这样就可大致了解微机控制的基本结构。（2）输入、输出印刷电路板，它一般包括模/数及数/模转

换器、驱动器、D 触发器等。(3) 微机专用抗干扰电源。(4) 电罗经 (或磁罗经) 数字电路接口。(5) 数字显示电路。(6) 键盘等。(7) 软件均固化于 ROM 或 EPROM 中, 它一般包括系统辨识, 自适应控制算法、显示和故障检测等程序。

3. 弄清自适应控制原理

在资料不完整且没有线图的情况下要弄清自适应控制原理是比较困难的, 但以下几点可作为分析原理的参考。

有以下情况者多半是属于模型参考自适应控制: (1) 自适应自动舵上设有参数整定开关, 当它装船时, 制造厂要求提供该船的船舶要素 (船长、型宽、吃水、排水量等), 并在安装时根据这些数据通过整定开关、装入微机。(2) 在满载/压装选择开关。(3) 有船速选择开关。

自校正自适应自动舵一般不需要提供船舶要素, 也不需要满载/压载选择开关, 但为了快速辨识船舶运动数学模型参数, 往往需要在自适应操船前先要手动操舵一段很短的时间, 当显示“自适应操舵就绪 (Ready)”时, 即可由手动操舵转到自适应自动操舵。

应当指出: 随着科学技术发展, 自动操舵装置除了引入自适应控制策略外, 最近还采用模糊控制策略、神经网络控制以及它们混合控制策略, 使得自动操舵达到最佳效果。

(四) 自适应自动舵装置故障检修方法

自适应自动舵控制系统是微机控制系统, 它具有比较完善的自检功能, 维护管理人员根据所提供故障代码就可找出故障原因。其微机板一般都有二套热储备, 随时可以切换操作, 保证系统可靠性。如果微机板故障, 一般只能整个电路板更换。

一旦自适应自动舵系统故障, 先进行通道切换, 若正常, 说明原先的通道的印刷板故障, 若故障如故, 应检查输入、输出板, 并检查与其连接的外围设备。

五、舵机拖动电气控制系统的调试

由于舵机拖动电气控制线路不同, 其具体的调试方法也有所不同, 但调试的内容是一样的, 所以, 无法针对某一个线路进行讲叙它的具体调试方法, 而只能讲述舵机拖动电气控制系统的调试内容和一般的方法。

1. 初次通电前检查内容

(1) 清洁整个系统包括清洁控制箱、电动机和接线盒、反馈装置、电磁阀和执行电动机等, 同时检查自动操舵仪。

(2) 熟悉图纸及舵机系统的工作原理, 检查接线及安装情况, 是否与线图路相符。

(3) 把系统中的熔断器按图纸要求的容量全部校对或装好, 指示灯泡应按规定数目安好。

(4) 检查绝缘电阻, 主回路和控制线路的绝缘电阻必须符合要求, 测量时应注意不得损坏各种半导体器件或印刷电路板。

(5) 检查系统动作的灵活性。如电动机—油泵机组、机械执行机构、反馈装置、舵机装置、手轮、手柄等。

2. 电动液压舵机电气系统调试

调试按操舵方式分别进行。

(1) 应急操舵调试

在通电前检查合格之后, 把操舵选择开关置于手动操舵位置, 起动油泵机组, 观察油泵

和控制箱正常时，方能进行应急操舵调试。

首先在舵机舱操作手柄，操舵时先小角度后大角度。检查舵叶偏转方向是否与手柄转动方向一致；机械传动装置动作是否灵活，舵角指示器是否能准确反映舵角，检查限位开关动作是否准确，限位开关位置应能使舵叶停在左、右 35° 处，若误差过大应予调整。

进行满舵操作试验：从零向左和从零向右至满舵，再从右满舵到左满舵并相反，这时舵叶偏转应符合技术规范：从一舷满舵到另一舷 30° 所用的偏舵时间不大于 28s。

在舵机舱调试完成后，即可进行驾驶室应急操舵调试。合好相应开关，先核对舵角指示器工作是否正常。无误后，按上相同步骤进行应急操舵调试。

(2) 随动操舵调试

把有关的转换开关扳向相应位置，转动随动操舵手轮，先作小角度随动操舵。检查偏舵方向是否与手轮转动方向一致；舵角指示器指示舵角与实际舵叶偏转角度是否相等；反馈信号的相位是否正确等。然后作大角度操舵，操舵过程与应急舵调试一样。

如果发现系统不工作或跟踪角度不对等现象时，可以把反馈的舵角变送器从舵机上拆下，在驾驶室内与操舵仪直接相连，可控硅或继电器输出处可接指示灯作负载。当手轮某角度时指示灯亮，再用手拨舵角变送器到相应角度指示灯熄灭，说明故障不在操舵仪，而在系统其他元件或电路中，若指示灯亮灭混乱，说明操舵仪有故障，此时，可先更换印刷电路板。若其他部分有故障可按本节“三”中有关内容来处理。

随动操舵调试中尚需检查系统有无振荡，舵角与舵角指示器的指示误差等。

(3) 自动操舵调试

系泊预调：

用随动操舵使舵叶置零位，即使舵叶处于船的首尾线上，将压舵旋钮置零位，灵敏度调节即天气调节一般位置（灵敏度不可过高），选择开关扳向“自动”位置。

转动压舵旋钮或航向改变旋钮，舵叶应偏转给定角度。调节舵角比例调整旋钮，对一定给定舵角，舵叶应按比例变化。

航行调试：

预调结束后，进行航行调试，航行调试中要进行航向改变、航向稳定、微分、压舵等试验，其指示可按技术要求。其调整内容：

- ①操舵信号应与反馈信号相应相反；
- ②调节灵敏度，记录并检查使系统振荡的极限数据；
- ③调整比例舵，试验压舵调整；
- ④检查微分环节反应是否明显。

3. 自动操舵调试注意内容

(1) 测量电源变压器各输出电压是否正确，电源电压在 $\pm 5\% U_e$ 内变化时，操舵仪应能正常工作。

(2) 舵角变送器和航向发送器的调零位。如果零位不对，会使左、右舵偏转，灵敏度不对称。零位偏离大时，在自动操舵工作时船舶偏航角的信号会有误差。自动操舵仪安装时会有假零位现象，会产生要左舵来右舵或相反的故障。

(3) 检查电源印刷电路板的各输出电压数值，若数值不对，应检查各元件的质量和焊接情况。

(4) 检查相敏电路

理论上讲当相敏电路无输入时，应无输出信号，但是电路不可能做到绝对对称，一般都有极小的输出。若输出信号太大，则应检查该电路板上的元件质量和焊接情况。

(5) 测量无操舵信号时放大器的输入和输出

无偏航和操舵信号时，可控硅无输出或继电器不动作。若一边有输出信号时，应检查放大器或舵角变送器的元件是否损坏或质量有问题等情况。

第八节 船舶辅锅炉电气控制系统的维修

一、船舶辅锅炉电气控制系统的技术要求

主机为柴油机的船舶，一般都装设辅助燃油锅炉以便供热。我国船舶多采用 1.8t/h 的自动燃油锅炉、汽压为 294~686kPa，对其控制系统的主要技术要求如下：

1. 锅炉系统的控制箱应集中装设在锅炉附近。
2. 锅炉控制系统应具有手动和自动控制，自动控制失效时，能很方便切换到手动控制。
3. 自动燃油锅炉控制装置一般包括有：

(1) 自动调节系统

①水位自动控制环节：锅炉内低水位时，水泵的自动起动给水；到达高水位时，自动停止给水；当水位降到危险水位时，能发出声光报警信号，并使全部系统停止工作。

②蒸汽压力自动控制环节：锅炉内蒸汽压力下降到下限值时，能自动点火燃烧；压力达到上限时，自动熄灭；压力达到最大压力值时，能够发出声光报警，并自动打开安全阀放汽降压。

③燃油温度自动调节环节：能自动保持燃油的适宜温度。

(2) 程序控制器

锅炉的点火燃烧应按一定程序进行，接通电源，按下自动起动按钮后，系统按以下程序工作：

风机首先运行向炉膛内鼓风，进行预扫气，经一定时间后燃油泵起动，随后点火变压器有电，开始点火，后点火油头喷油（一般火等油原则）。若点火成功，光敏电阻发出信号。点火停止；同时主油头开始喷油，风机和燃油泵进入正常工作。对有风油比例调节的自动锅炉。点火成功后，调节器根据汽压变化对风油按比例自动调节。

若点火失败，点火和喷油自动停止，同时进行后扫气。扫气结束后，进行声光报警。有的锅炉可自动进行第二次点火。若再失败，再进行报警。

锅炉正常燃烧使蒸汽压力达到上限压力时，自动熄灭，后扫气，同时高压状态指示灯亮。汽压降低到下限时，自动点火燃烧，程序同前。

(3) 自动保护和声光报警

在下列情况下自动保护并报警：

危险水位时，自动熄灭，后扫气，报警；

汽压达到最大时，自动熄灭，放汽并报警；

点火失败时，自动熄灭，后扫气，报警。

应当指出，船舶辅锅炉的自动控制系统比较复杂，线路的种类也很多，目前正在开发研制，有些已成产品的微机控制系统，但是不管哪一种控制线路（或方案），都离不开上述的

基本技术要求。对于维修人员来说,只有掌握了这些技术要求,才能有的放矢地分析实船应用的锅炉的控制原理;它具有哪些功能,由哪些元器件和线路实现哪一个功能。当发生故障时(即系统中某个功能不能完成时),就可很方便检查这些元件和线路,所以,这里在讲述设备电气控制系统维修时,都首先介绍该设备和技术要求的目的也在于此。

二、锅炉控制系统的维护

锅炉自动控制系统的维护按表 6-4 进行。

锅炉自动控制系统的维护要求

表 6-4

项 目	周 期	维 护 内 容 及 要 求
控制系统	1 次/2 个月	顺序控制器的程序动作灵活可靠,进行人工操作时,声光报警安全设施有效、正常
点火系统	1 次/2 个月	检查点火棒间隙、棒极的绝缘性能以及光敏元件和电磁阀的工作情况。保持光敏元件的良好透光度,光敏元件要定期轮换使用
给水系统	1 次/2 个月	自动给水控制器及水位传感器的动作是否灵敏可靠,水密是否良好
风油调节装置	1 次/2 个月	检查电气元件,机械传动应灵活牢固,检查比例式压力调节器的压力上下限整定值是否符合要求
废气锅炉机械传动	1 次/2 个月	检查三向换向阀的电气及机械部分是否灵活可靠

锅炉控制系统日常维护应注意下列各点:

1. 定期清洁控制箱,清洁多回路时间继电器及其他继电器和接触器的触点,经常清洁各电位器的触点。同时,防止油水进入控制箱。
2. 经常检查点火系统的绝缘,尤其是点火棒的绝缘;清洁点火棒尖端结炭;定期检查各电动机绝缘电阻,监视电动机运行时发热情况。
3. 清洁水位观察器防止水垢积存,保持玻璃透明。
4. 保持声光报警装置处于良好状态,及时更换损坏的指示灯泡。

三、锅炉电气控制系统的常见故障检修

船舶辅锅炉自动控制系统线路种类比较多,线路比较复杂,被调节和被控制的量也较多,所以,故障也是多种多样,这里举二例说明故障检修方法。

例一 Monarch 整装式燃烧器与 RAQ 型凸轮式时序控制器所组成的辅助锅炉自动控制系统故障检修方法

这种辅助锅炉的特点:

- ①可燃烧重油;
- ②汽压控制采用双位控制方案。锅炉设有两个压力继电器,一个控制燃烧器接入或切除,另一个根据锅炉负荷决定使用一个喷油嘴还是使用两个喷油嘴。
- ③风量和油量的配比,由风门(空气挡板)的适当开度来保证,
- ④时序控制器: RAQ15.1d 系列程序控制器,如图 6-55 所示。
- ⑤火焰监视采用硒光电池;
- ⑥燃油加热控制;
- ⑦设有手动—自动切换操作;
- ⑧设有水位、油温、过载等保护。

其控制系统线路图,如图 6-56 所示。

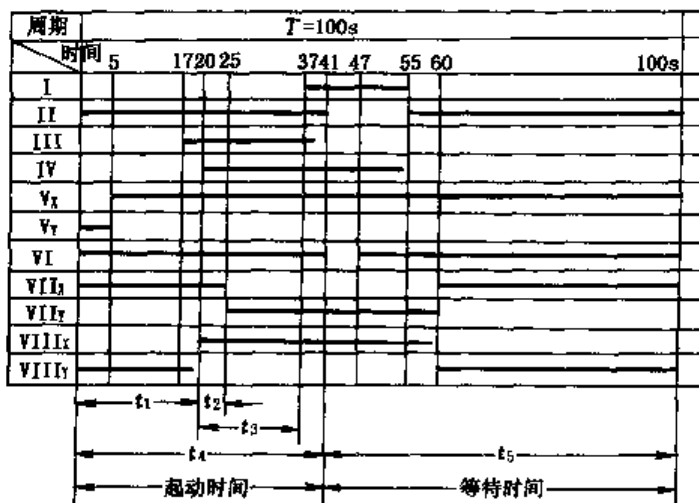
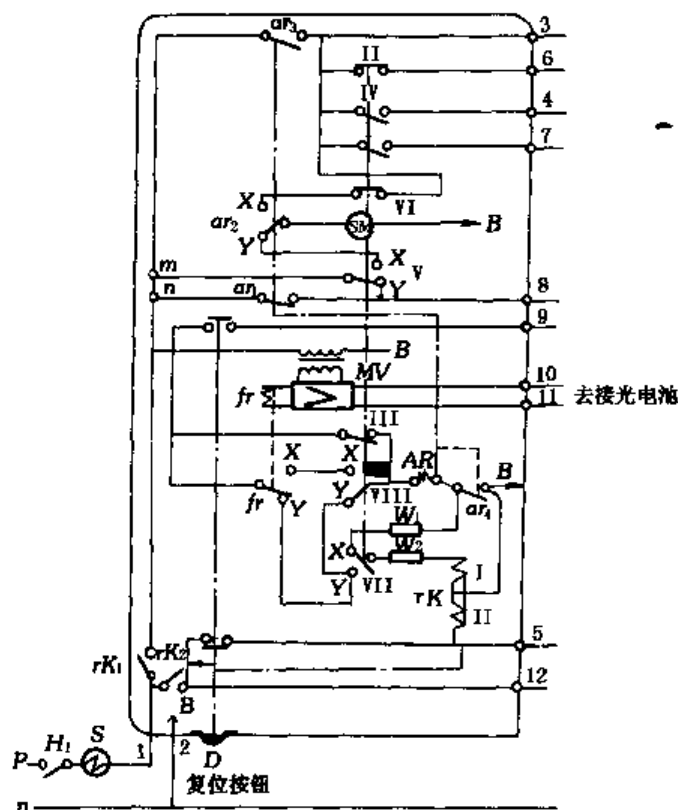


图 6-55 RAQ15.1d 系列程序控制器

1. 自动控制工作原理简述

合上电源开关 H_1 ，黄色电源指示灯 L_1 亮，操作切换开关 $1a1$ 处于“自动”位置，若燃烧重油，把 $1b4$ 置 3 档，油温低于整定值， $2e2/22$ 闭合，使 $2c1/21$ 有电，加热投入工作。同时，把喷油嘴 1 和 2 的开关 $1b1/19$ 和 $1b2/15$ 者合上，然后按下起动按钮 $1b10/4$ 电源继电器 $1d3$ 有电，并 $1d3/4$ 自锁， $1d3/3$ 闭合接通时序控制器电源（1、2）， $1d3/2$ 断开，红灯 L_2 灭。当油温达到给定温度时， $2b1/20$ 闭合，而 $R1$ 压力继电器低压闭合，那么 RAQ15.1d 的 8、9 被接通，时序控制器 RAQ15.1d 投入工作，使得 AR 继电器有电（ m

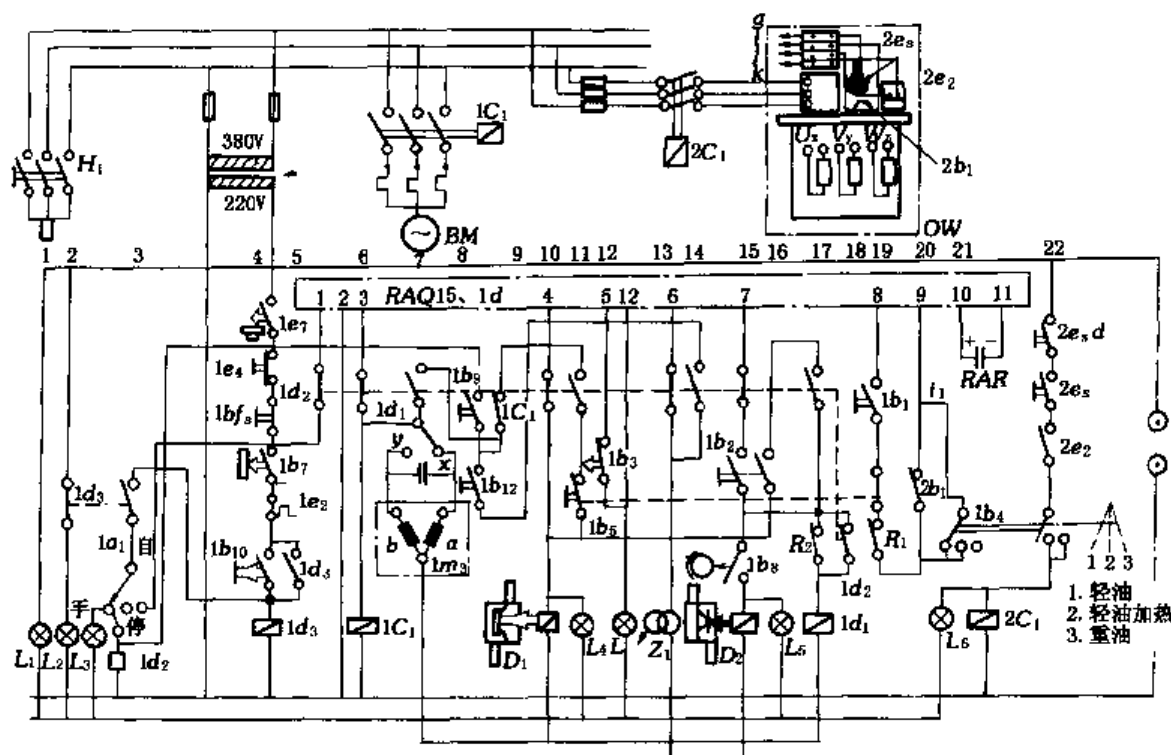


图 6-56 辅锅炉电气控制线路图

→ $V_y \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow D \rightarrow frY \rightarrow \text{Ⅷ}_y \rightarrow AR$ 线圈 → $W_1 \rightarrow \text{Ⅶ}_y \rightarrow W_2 \rightarrow RK$ 的 I 部分线圈 → B 回电源 2) 那么, ar_4 闭合, 短接了电阻器 W_1 、 W_2 及 RK 的 I 线圈; ar_1 闭合为以后作准备, ar_2 断开 ar_2Y , 闭合 ar_2X 与 VI 凸轮触点和 ar_3 配合, 使凸轮同步伺服电机转动, 同时, ar_3 闭合, 使得 $1C1/6$ 有电, 风机及油泵开始运行, 风机给炉膛预扫风, 油泵打循环, 凸轮轴电机转动, 各微动触点动作就按图 6-55 的闭合表进行。当凸轮转到 5s 时, V_Y 断开, V_x 闭合, 由于 ar_1 的早已闭合, 不会使 AR 失电, 当凸轮转到 20s 时, IV 闭合, 使 $D1/4$ 有电, 切断燃油循环回路, 喷油嘴 1 开始向炉膛内喷油。由于 II 仍处于闭合, 点火极早有点火火花等着, 开始点火, 此时, 预扫风结束。若点火成功, 光电池 RAR 产生直流电压信号, 经放大器 MV 放大, 使 fr 继电器动作, frY 断开, frX 闭合。当凸轮轴转到 37s 时, I 触点闭合, 使 $1d1/17$ 有电, 其触点 $1dX$ 断开, $1dY$ 闭合, 使风门伺服电动机正转, 使风门打到最大位置, 触动风门开关 $1b8/15$, 使 D_2 有电, 第二个喷油嘴电磁阀打开, 喷油嘴的开始喷油燃烧, 当到了 41s 时, II 触点打开, 点火变压器失电, 同时, VI 也打开, 凸轮轴驱动电动机失电, 停转, 锁在 41s 位置上, 起动结束, 投入正常燃烧。当汽压上升到压力继电器 R_2 的整定值。 $R_2/17$ 打开, 使 $1d1/17$ 失电, $1d1Y$ 断开, $1d1X$ 闭合, 风门伺服电动机反转使风门关小到极限位置 (可调) 自动停止。同时风门最大极限开关 $1b8/15$ 断开, D_2 失电, 第二喷油嘴停止喷油, 只有一个油嘴工作, 若汽压压力继续上升, 达到压力继电器 R_1 整定值时, $R_1/19$ 断开, 使 $RAQ15.1d$ 的 8、9 断开。 AR 失电, 触点 $ar1 \sim ar4$ 断开, 整个燃烧器停止工作, 风机、油泵停止。电磁阀 $D_1/4$ 失电, 开启燃油打循环。由于 VI X 闭合, 使凸轮轴驱动电动机 SM 在 41s 位置时, 开始继续转动, 转到 VI Y 闭合, VI X 断开, 使 SM 失电, 停止转动。当汽压降低到下限值时, R_1 和 R_2 动作, $R_1/19$ 和 $R_2/17$ 闭合, 锅炉自动起动。

若点火失败, 即凸轮轴从 20s 转到 25s 时, 光电池没有电压信号时, fr 不会动作, 此

时, VII Y 闭合, 使 RK 的 I 部分线圈有电, 足以使 RK 动作, 使得 rK_1 断开, 切断了控制电源, 整个燃烧器停止工作。 rK_2 闭合, 故障指示灯 L 亮。只有故障排除按下 D, 使 rK 的 II 线圈有电, 使得 rK_1 闭合, rK_2 断开, RAQ 控制线路接通电源, 凸轮轴的驱动电动机 SM 有电 ($m \rightarrow VI X \rightarrow ar_2 Y \rightarrow B$) 从停止位置开始转动, 直到恢复零位后重新自动起动锅炉。

2. 手动控制过程

合上电源开关 H_1 , 操作方式开关 $1a1$ 扳到手动位置, 按下起动按钮 $1b10/4$, 使 $1d3/4$ 有电, $1d3/4$ 自锁, $1d3/3$ 闭合, 使 $1d2/3$ 有电, 切断 RAQ15.1d 的电源及有关线路, 接通有关手控线路。若燃烧重油, 将轻、重油切换开关 $1b4$ 置 3 位, 电加热燃油。

手动操作过程:

合上手控燃烧器的开关 $1b9/8$ 使 $1C1/6$ 有电, 风机转, 进行预扫风, 油泵打循环, 预扫风 40s 后, 按下点火按钮 $1b12/8$, 使点火变压器 Z 有电, 点火极有火花, 然后合上 $1b5/11$, 使 D_1 有电, 第一个喷油嘴喷油, 进行点火, 从观测孔看到火焰时, 松开 $1b12/8$, 使点火变压器 Z 失电, 点火结束, 投入正常燃烧。根据负荷情况。若要使第二个喷油嘴的投入工作, 就合上 $1b2/15$, 使得 $1d1/17$ 有电, $1d1X/7$ 断开, $1d1Y/7$ 闭合, 风门伺服电机正转, 把风门打到最大, 门开关 $1b8/15$ 闭合, D_2 有电, 第二喷油嘴喷油, 投入工作。当汽压上升到 R_2 整定值时, $R_2/17$ 断开, $1d1/17$ 失电, $1d1Y/7$ 断开, $1d1X/7$ 闭合, 风门关小, $1b6/15$ 断开, 使 D_2 失电, 第二喷油嘴停止喷油。但第一油嘴仍在工作, 汽压仍上升时, R_1 是失去作用, 只能人工看着压力表读数。达到满压时, 按下停止按钮 $1e4/4$, 切断控制电源。

3. 故障检修方法

(1) 锅炉点不着火

这种故障应从电气控制线路和油路两个方面查找原因。

从电气线路方面, 首先检查点火时有无故电火花, 检查方法, 把操作方式开关置于手动位置, 把点火电极棒抽出来, 然后先按下起动按钮 $1b10/4$ 再按下 $1b12/8$ 点火按钮, 观察点火极间是否有火花, 若没有火花, 就应检查点火变压器 Z 及其回路是否存在开路故障, 若点火变压器及其回路正常, 则应检查电极及引线的对地绝缘和电极是否被油泥粘结, 间隙是否太大等。若有点火火花, 而不能点燃, 则应检查油头电磁阀是否动作, 检查方法: 操作方式开关在手动位置, 按下起动按钮, 再合上 $1b9/8$ 燃烧器电动机控制开关, 使风机、油泵运行后, 按下 $1b5/11$, 电磁阀 D_1 动作, 关断循环回路, 第一个油嘴喷油, 若此时不喷油, 而油泵运行正常。应检查电磁阀本身是否正常, 油压是否正常, 油温是否过低。

从油路方面: 经常造成点不着火的原因是油嘴堵塞, 管路堵塞, 燃油压力不足, 燃油温度过低, 造成喷油困难, 油粘度大, 造成雾化不好, 也会造成点不着火。

(2) 锅炉不能自动起动

这种故障首先把操作方式开关置手动位置, 进行手动生炉, 若不正常, 就得按 (1) 的检查方法来进行。若手动控制正常, 说明故障出在 RAQ15.1d 时序控制器内及外围电路上。此时, 首先检查 RAQ15.1d 的 8 和 9 接线柱是否被 $1b1/19$ 、 $R_1/19$ 、 $2b1/20$ 短接。若存在开路现象, RAQ15.1d 就不能工作, 同时, 应检查 $1b5/11$ 是否被误合上, 若这些都正常, 就得检查 RAQ15.1d 内部的 rK 和 ΔR 两个继电器是否完好, 内部线路是否有松动或断脱现象。若没有发现问题。进行自动起动操作, 按下起动按钮 $1b10/4$ 看凸轮轴电动机是否转

动。若有转动，风机、油泵运行正常，这时，检查 I 级微动触点闭合状态。同时，检查 IV 微动触点闭合情况。若凸轮轴电动机不转，风机与油泵不转，则应检查 rk_1 和 ar_3 是否闭合良好；若只有凸轮轴电动机不转，就得检查 ar_2X 、VI 以及 SM 本身。

(3) 汽压低，不能自动燃烧升压

发生这种故障时，先进行手动控制，若手动控制正常，就得检查压力继电器 $R_1/19$ 触点闭合情况，以及 $RAQ15.1d$ 的 8 与 9 接线柱回路是否存在开路故障。若这些正常，应按“不能自动启动”的故障检修方法来进行。

(4) 点火过于频繁

这种故障，主要是压力继电器 R_1 的返回系数过大（即上限、下限差值大小）所造成，应细心调节压力继电器的上、下限值，使其差值大一些。

例二 国产 2t 立式燃油锅炉自动控制系统

图 6-57 是国产 2t 立式燃油锅炉自动控制线路图，它具有下列功能：

1. 水位自动控制及过低水位保护

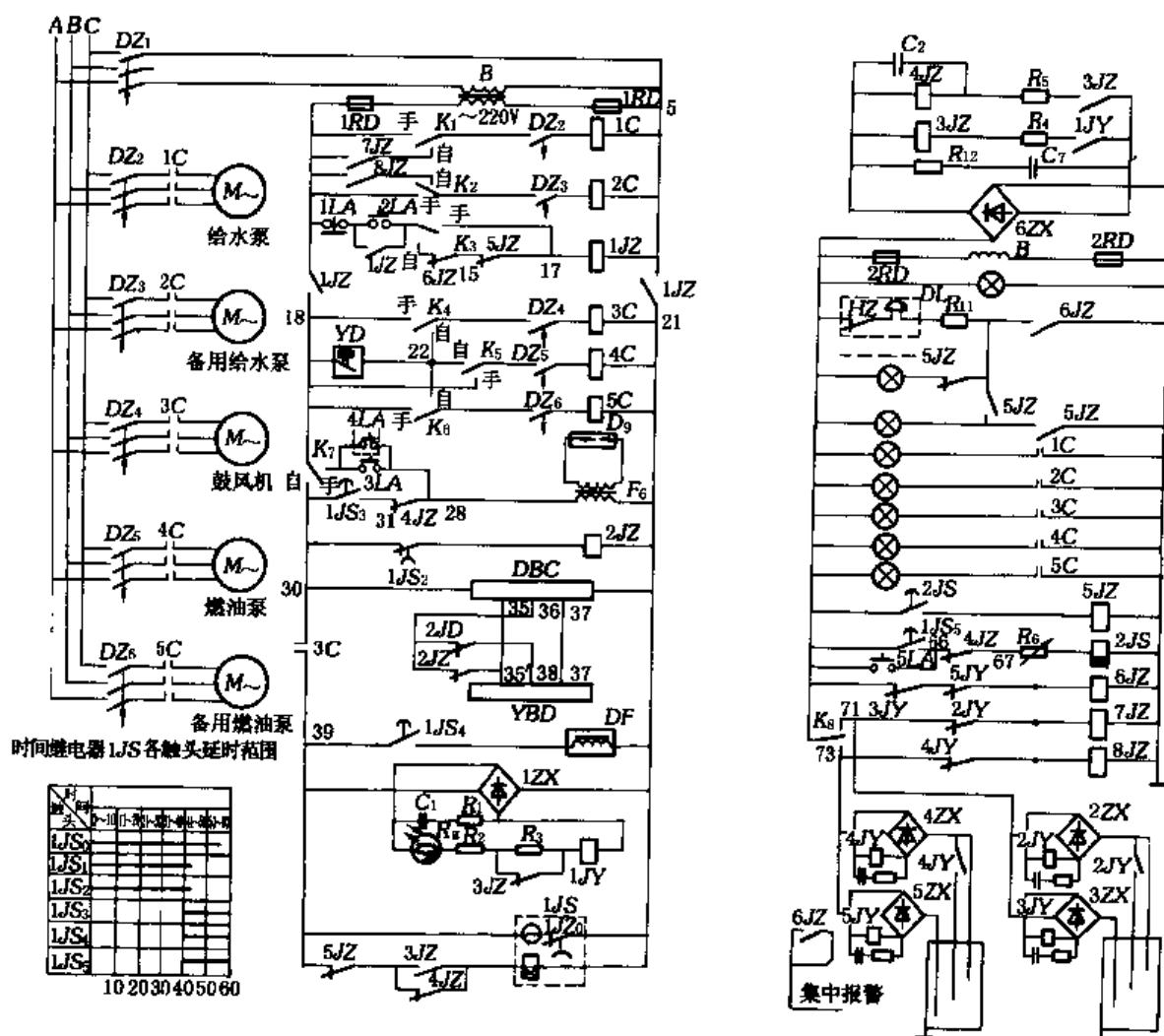


图 6-57 国产 2t 立式燃油锅炉控制线路图

将 K_8 扳到 71，当锅炉水满时，电棒 77 导电，使 $2JY$ 有电，常闭打开，使 $7JZ$ 失电， $1CJ$ 失电，给水泵停止，当电棒脱水时，由于 $2JY$ 的常开闭合，此时，78 的电棒仍导电，

所以,不会因为电棒 77 脱水而使给水泵马上启动。只有当 78 的电棒脱水时, 2JY 失电, 使得 7JZ 有电, 使 1CJ 有电, 给水泵启动, 给水。当水位到了极限最低水位时, 82 的电棒脱水, 3JY 失电, 使 6JZ 得电, 使警铃响, 使 1JZ 失电, 切断风油控制线路的电源。

2. 燃烧程序控制

当锅炉水位正常时, 蒸汽压力低于 500kPa (5kgf/cm^2) 时, 压力继电器 YD 闭合, 使得 3C 和 4C 有电, 风机和油泵运转, 开始给炉膛进行预扫风, 当预扫风 40s 后, 1JS₃ 闭合, 使点火变压器 Fb 有电, 开始产生点火火花, 同时 1JS₄ 闭合, 使燃油电磁阀有电, 切断燃油循环回路, 进入油嘴喷油。若点火成功, 光敏电阻 Rg 的电阻值减小, 使 1JY 有电, 使得 3JZ 有电, 使得 4JZ 有电, 4JZ (31、28) 断开, 点火变压器失电, 它的另一个常闭触点 4JZ (66、67) 断开, 使 2JS 失电, 点火计时失去作用。若点火失败, 在 2JS 延时的 7s 内, 1JY 不动作, 3JZ 和 4JZ 也不动作, 2JS 的延时闭合触点闭合, 使 5JZ 有电, 点火失败指示灯 XD₂ 亮, 并警铃响, 同时 5JZ (15、17) 触点断开, 使 1JZ 失电, 油、风控制线路电源被切断。

3. 燃烧比例控制

燃烧过程自动调节由比例式压力调节器 YBD 和电动比例操作器 DBC 两个元件来实现。其线路图如图 6-58 所示。其工作过程如下:

当锅炉汽压达到压力调节器的整定值时, YBD 带动的电位器 R'₉ 与电动机 M 带动的反馈电位器 R'₁₀ 所构成的电桥是平衡的, 它无输出, 差动放大 T₁、T₂ 也没有输出, 而且调整静态参数, 使 T₁ 和 T₂ 截止, 可控硅 SCR₁ 和 SCR₄ 截止, 伺服电机 M 不转, 保持这种风油比例状态。

当锅炉汽压低于整定值时, 压力调节器 YBD 带动 R'₉ 上滑动触头向上升, 电桥失去平衡。使得 T₁ 仍然截止, T₂ 导通, 触发了 SCR₁, 使伺服电机 M 的一个绕组有电, 向增大油、风门方向转动, 同时, M 也带动电位器 R'₁₀ 向上升, 与 R'₉ 构成新的平衡。一旦达到新平衡, 电桥无输出, 伺服电机就停止, 反之亦然。

4. 手动控制

把操作方式置手动位置, 即 K₁~K₇ 置手动位置, 按先预扫风, 后点火操作顺序进行, 这里就不重述。

常见故障检修方法:

这种控制线路采用时间继电器的时序控制器, 具有风油比例调节功能。线路比较复杂。当发生故障时, 应当根据故障现象, 判断出那个功能失效, 再找出完成该功能的线路或器

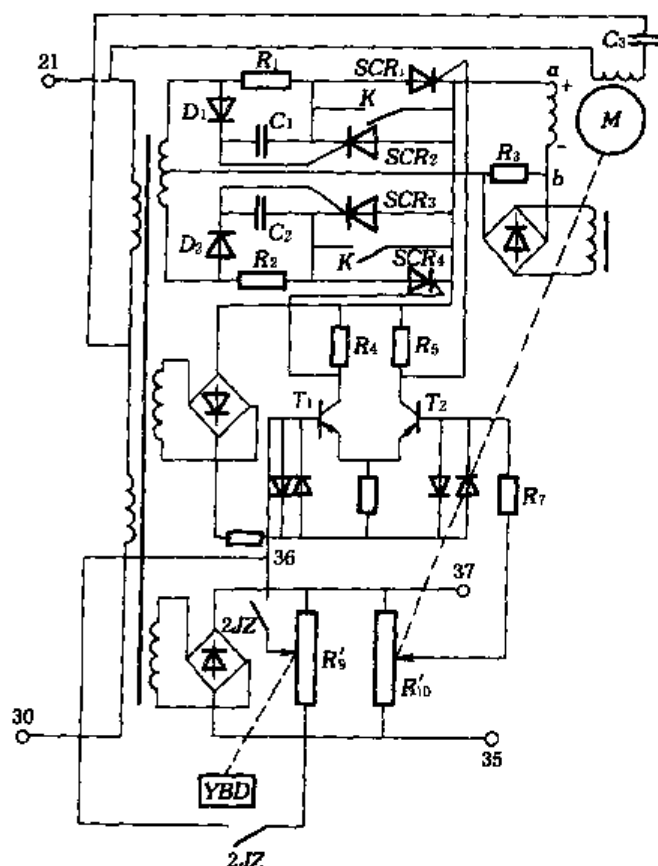


图 6-58 燃烧比例控制线路图

件。检查这些线路或元器件是否有故障。比如说风、油比例调节失常故障，这时就得检查 YBD 和 DBC 元件，又如，锅炉燃烧自动系统正常，误报警，说明火焰监视环节失效，这时就得检查光敏电阻及其有关电路和报警电路等，下面举几个例子来说明该系统发生故障时检修方法：

1. 点不着火

这种故障应从电气方面和油方面寻找故障原因。

电气方面，首先检查点火间隙有无点火火花产生，检查方法同上，若没有火花，则检查点火棒和引线的对地绝缘或相互间绝缘，点火变压器对地绝缘，点火间隙是否太大或太小，最后，检查点火变压器和点火按钮 4LA。若有火花，则应检查电磁阀 DF 是否动作，若不动作，应检查电磁阀线圈是否开路，阀芯是否卡阻。若动作，则应从油方面进行检查。

油方面，首先检查油嘴是否喷油，无喷油，就得检查油路，油嘴是否堵塞，油路系统是否建立压力，最后，检查 2JZ 是否动作。若它的常开触点没有闭合，在点火期间，燃烧比例调节器投入工作会把风门打开很大，造成点火失败。此时，应检查 2JZ 本身，线圈回路和它的触点闭合情况。

2. 不能自动给水

这时是自动给水系统故障，首先进行手动给水，若正常，说明控制 7JZ 或 8JZ 的电路或本身故障，这时只需检查 7JZ 本身和 2JY 的常闭触点，若不能手动给水，就说明接触器 1C 或泵辅机组本身故障。

3. 不能自动点火、燃烧升压

发生这种故障时，先切换到手动操作，若也不能生炉，按不能点火故障来检修。若正常，说明自动控制系统故障，此时，按下起动按钮，风机油泵是否运行，若没有运行。首先检查自动转换开关 $K_1 \sim K_7$ 是否到位，最低水位和点火失败的两个继电器 6JZ 和 5JZ 是否误动作，压力继电器 YD 和 1JZ 是否工作正常。若风机、油泵运行正常，说明时序控制器 1JS 故障，检查 1JS 继电器，各触点是否按延时表进行动作，同时，应检查 4JZ (31、28) 的常闭触点是否闭合好。

4. 点火时，产生火焰后自动熄灭

这种故障是火焰监视环节故障，首先检查光敏电阻 R_g ，光敏电阻是否老化，感光窗是否被油灰堆积影响光通量，1JT 继电器本身或回路是否存在开路故障，它的工作电源整流桥 1ZX 是否存在开路故障。这些故障都会有火焰，系统没有检测出，形成“点火失败”而自动保护动作的错误动作状况。还有风门开得太大，也会把火苗吹灭，所以，这时应检查风门开度是否合适等。

5. 不能自动保持正常的汽压和汽温

锅炉在燃烧时，汽压和汽温波动比较大，说明风油比例调节器工作不正常。这时应检查压力调节器 YBD 的整定值，是否变化，其本身工作是否正常，运动部件是否卡阻，它所带动的电位器的滑动触点是否接触良好。同时应检查电动比例调节器，它的差动放大器参数是否对称，元件是否损坏，交流电子开关可控硅 $SCR_1 \sim SCR_4$ 是否正常，伺服电机 M 工作是否正常，它所带动的反馈电位器的触点是否接触良好等。

6. 自动熄火，点火过于频繁

这种故障产生的原因有：①汽压继电器 YD 的上、下限偏差太小，造成频繁点火，没有燃烧一会儿，蒸汽压力达到上限，又停炉。②电动比例调节器不能随蒸汽压力变化而自动

调节风油比例时，常使点火过于频繁，如当蒸汽压力与给定值偏差小时，应该减小风门和油门，来维持汽压和汽温，若它失去控制，仍以偏差大时，大风门，大油门燃烧，很快使汽压升高，而自动熄灭停炉。③风门机械拉杆调整不当也会常使锅炉熄灭。

四、锅炉电气控制系统的调试

辅助锅炉电气控制线路多种多样，大修后，其调试具体方法和步骤就有所不同，但是调试总的原则是一样：先进行分块功能调试，这些子系统调试完了之后，进行整体调试。先进行手动功能调试，后进行的自动功能调试。我们以国产 2t 立式燃油锅炉为例，来说明其调试方法和步骤。

1. 报警子系统的调试

仅合上 DZ_1 控制回路得电，把 1RD 拔掉，只有报警部分和水位检测部分有电。如果此时，锅炉内没有水，立即听到警铃响，若用螺丝刀顶一下 3JY 或 5JY 衔铁。就能停止报警，若顶一下 5JZ 点火失败继电器衔铁，也立即报警，说明报警子系统工作正常，然后，用同样方法，顶下 1C~5C 衔铁看各个运行指示灯指示情况。用这种模拟方法来调试，如果线路动作不符合线路原理过程，就应当查出故障并排除，使这部分按线路原理要求动作。

2. 自动给水系统调试

把 DZ_1 和 DZ_2 合上，给控制回路送电，把水位检测部分 K_8 合上 71 一则。按照先“手动”后“自动”调试原则，把 K_1 打在手动位置，给水泵就开始运转，向锅炉注水，当锅炉水满时，把 K_1 合到自动位置，把排水阀打开，使炉水排到低水位，是否能自动起动给水泵，若能，把 DZ_2 断开，停止给水，使水继续到最低极限位置，此时，应能报警，若不能报警，就得检查 6JZ 及其回路。

3. 点火控制系统调试

当锅炉水位正常时， $DZ_1 \sim DZ_4$ 合上，把 K_3 合在手动位置，使 1JZ 有电，点火控制系统有电，把 K_4 合在手动位置，3C 有电，风机转，作预扫气，若第一次预扫，时间应长一些，预扫后，把风门关小一些，作好记号。然后， K_5 合在手动位置，使燃油泵运行，管路中建立油压。把 K_7 合在手动位置，按下手动点火按钮 3LA，点火棒产生火花，同时，打开燃油阀，使燃油进入油嘴喷油，若点火成功，在火焰观察孔可观察到火焰。若点不着火，把 DZ_5 断开，使燃油泵停转或关闭燃油阀，把点火棒从炉膛中取出。试验是否有点火火花产生，再看油嘴是否有油迹，若有火花和油迹，可能是点火棒距离油嘴太远或油压不足等造成雾化不良，应调整，同时，应检查风门是否开太大或太小，由于风门和油门是联动的，风门关太小，不易着燃。反复多次手动调试。手动多次点火成功后进行自动功能调试。

首先要对火焰检测环节进行调试，把光敏电阻从炉膛取出，用手电筒照，1JY 应动作，然后，校验时间继电器 1JS 各触点动作延时和闭合或断开情况，最后，把 DZ_4 断开，用螺丝刀顶一下 2JZ 衔铁，观察风油比例调节器是否把风门、油门关小。若这些部件都正常后，线路复原，仅把光敏电阻放在外面，进行模拟联调。先把 DZ_5 断开，油泵不打油， $K_1 \sim K_7$ 打到自动位置，按下起动按钮 2LA，观察到风机鼓风，风门关到最小位置，43s 左右再开大，47s 后报警，这时，按下停止按钮 1LA。再一次起动，在 40s 后，用手电筒照光敏电阻 R_g ，观察到 1JY 动作，不再报警，风油比例调节器使风门开大，说明点火系统工作正常。最后，进行自动点火调试。把光敏电阻放回原位，把 DZ_5 合上，按下起动按钮。一般来讲，自动点火会成功。若点火火焰已产生，然后自动熄灭，报警说明火焰检测部分故

障，可能光敏电阻的感光管没有对准火焰或感光玻璃脏了影响感光强度。这时调整位置或清洁玻璃。

第九节 船舶空调、冷藏设备、冷藏
集装箱电气控制线路的维修

一、技术要求

由于冷藏、空调设备电气线路比较简单，拖动制冷压缩机的电动机的起动、停止是由压缩机吸入端的压力继电器控制的，当吸入端的压力低时，停机，吸入端压力高时，起动运行。再加一些保护电器，所以对其控制系统的要求：

- 1. 控制系统应设有自动控制 and 手动控制。
- 2. 对于大功率的压缩机应能根据热负荷进行卸载或增载控制，实现节能。当起动时应能卸载起动，避免大起动电流冲击船舶电网。
- 3. 控制系统应设有冷却水压力不足、滑油压力过低、制冷剂吸入压力低、液化压力过高等保护。
- 4. 应有各保护的声光报警。
- 5. 各种重要接触器和电磁阀在工作时应有指示灯显示，便于操作人员了解系统的工作情况。

二、冷藏、空调控制系统的维护

冷藏、空调控制系统的维护要求见表 6-5。

冷藏、空调控制系统维护要求			表 6-5
项 目	周 期	维 护 内 容 和 要 求	
控制元件	1 次/2 个月	检查冷却泵、风机、电磁阀、控制箱等联锁是否可靠	
检测元件	1 次/2 个月	检查温度、压力开关动作是否灵活	

日常维护应注意以下几点：

- 1) 定期清洁各继电器触头、保证触头接触良好。
- 2) 定期检查电器的整定值，不得偏差过大，动作要可靠。
- 3) 检查声光报警系统是否正常、可靠。
- 4) 监视电动机的温升和运行情况。

三、冷藏、空调电气控制系统的故障检修

(一) 冷藏设备电气控制系统的故障检修

冷藏设备是现代船舶必备的设备，如果船员的伙食冷藏装置发生故障，没有及时排除，肉、蔬菜就会变质、腐烂。直接影响船员的生活和工作，应能及时、快速排除故障。保证伙食物品冷藏质量，现在我们以 RKS10F 型伙食冷藏装置的电气控制系统为例，说明其检修方法。

图 6-59 是 RKS10F 型压缩机控制线路原理图，其工作原理如下：

当合上电源开关 52 后，若把工作方式选择在“自动”位置。当库温高时，供制冷液电

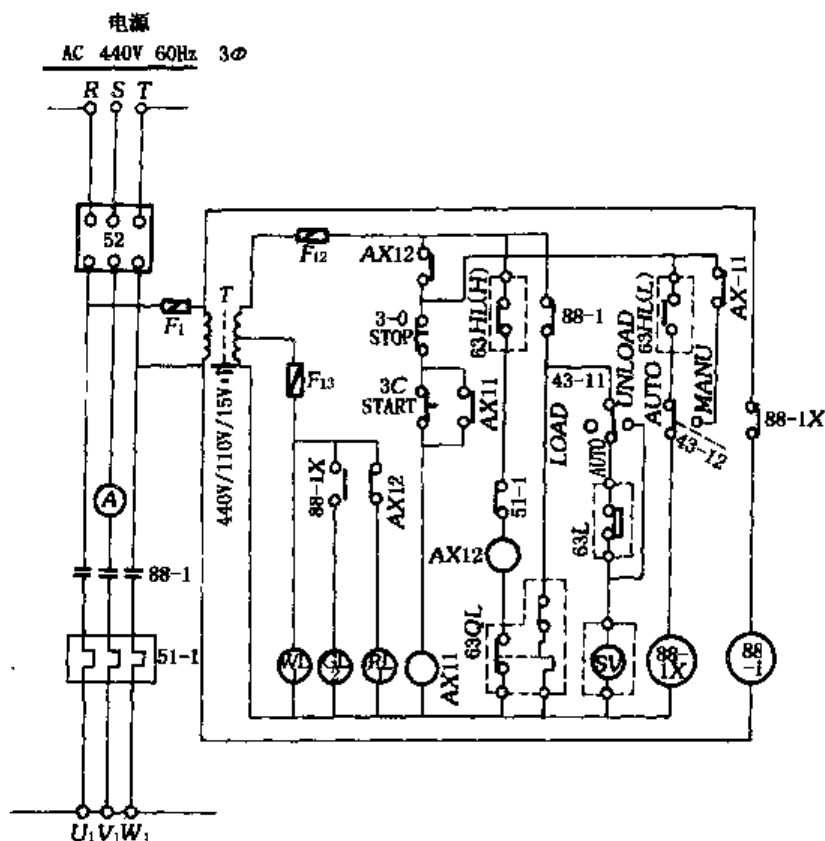


图 6-59 RKS10F 型压缩机控制线路图

63QL—油压保护开关（当启动后 90s 滑油压力没有建立，就会延时触点断开）；63HL（H）—高低压开关中的高压开关；63HL（L）—高低压开关中的低压开关；63L—卸载压力开关（当压缩机负荷减少到整定时，该开关自动合上）；SV—卸载电磁阀；43-12—工作方式选择开关；43-11—卸载选择开关

电磁阀打开，压缩机的吸入端压力高，63HL（L）闭合，而压缩机输出端压力没有达到高压极限保护值是闭合的，电动机的过载保护 51-1 没有动作，常闭触点闭合，从而，使 AX12 有电，提供了控制线路电源，使得 88-1X 有电，触点闭合，使 88-1 接触器有电，其触点闭合，使压缩机电动机起动运行，同时，88-1 辅助触点，使油压开关接入，起监视滑油压力，若把 43-12 选择开关打在手动位置时，按下起动按钮 3C，使 AX11 有电，触点闭合，使 88-1X 有电，88-1 接触器有电，压缩机电动机起动运行。停机，只需按下停止按钮 3-0。另外，本控制线路具有负载控制功能。当 43-11 选择开关置于“自动”位置时，若负载减到 63L 的整定值时，它的触点闭合，使卸载电磁阀 SV 有电，进行卸载。当 43-11 置于卸载位置时，压缩机就卸载运行，当置于“负载”位置，压缩机不能卸载运行。

图 6-60 是冷库的风机和融霜控制线路原理，菜库没融霜控制。我们以鱼库为例。工作过程：

压缩机已起动运行，AX₀ 闭合，融霜定时器 DT₁ 还没有到融霜定时，两组开关的 1，3 端闭合，选择开关 CS（见图 6-60）置在自动位置，CS₁ 的 56~60 端接通。这样，使得 AX31 有电，接通风机接触器 MC33 常开触点闭合，风机运行，同时，AX31 的触点也接通调温开关和供制冷液电磁阀。当融霜定时到时，选择开关 CS₁ 的 57，59 的输出，使融霜接触器 MC31 有电，电加热融霜，同时，56，58 断开，中间继电器 AX31 和风机接触器

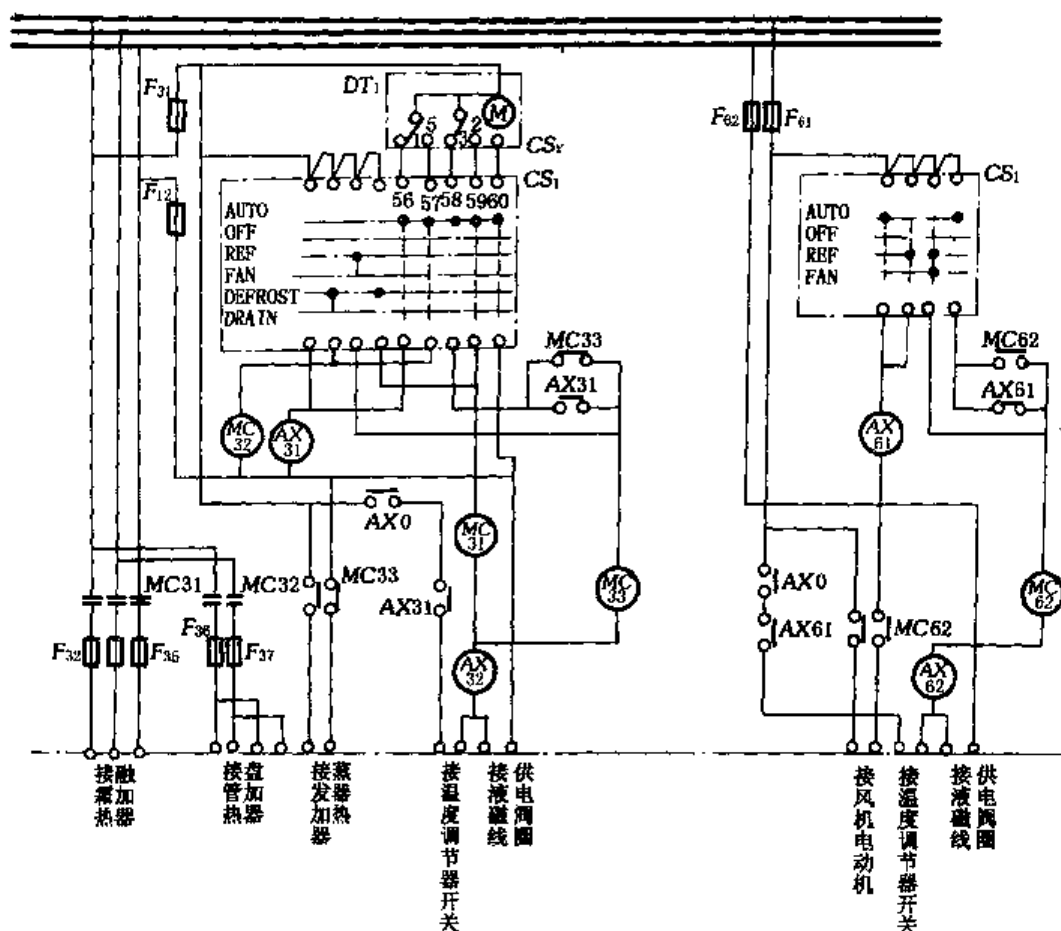


图 6-60 冷库的风机和融霜控制线路原理图

MC33 失电，断开温度调节开关和供液电磁阀回路，停止供液和鼓风。当融霜时间结束时， DT_1 两组开关又自动转回到非融霜状态，又开始接通风机调温开关和供液电磁阀回路。

调温控制：当库温比较高时，调温开关（图中未画出）闭合，供制冷液电磁阀有电，开启，使制冷液进入库内蒸发器制冷，当库温低于整定值时，调温开关断开，供制冷液电磁阀关闭，该库停止制冷，但风机仍然运行。

CS_1 其他位置的工作状态：置于“OFF”位，所有的开关断开（56~60）风机、加热、制冷停止；置于“REF”，手动制冷，供液电磁阀按正常调温启、闭，风机运行，但 DT_1 定时器电动机切断，融霜加热不工作；置于“FAN”，仅有风机运行；置于“DEFROST”，手动融霜，接通 MC31，MC32 融霜接触器，进行融霜操作；置于“DRAIN”排泄融水，接通 MC32，加热接水盘和排水管，进行排水操作。

常见故障检修：

1. 压缩机控制失灵

因为压缩机的起停在自动操作时，是靠吸入端的低压开关 63HL (L) 来实现的，所以，在自动运行状态下，发生此故障，先切换为手动操作，若能正常起动运行，说明低压开关 63HL (L) 不正常或损坏，触点在高压时没有闭合好。若手动操作不正常，这时，应检查保护联锁回路的元器件，高压保护开关 63HL (H)，油压开关 63OL 和电动机过载保护热继电器 51-1 以及辅助继电器 AX12 本身，若这些都正常，88-1 也动作，说明压缩机电机本身存在不能起动故障，按第五章有关方法来检修。

2. 冷库温度偏差太大

这种故障，首先检查调节开关（温度继电器）的整定值是否偏离。若调温开关故障，也会发生库温严重偏离，如：触点不能闭合或接触不良，造成供液电磁阀关闭，不能制冷，使库温上升；触点不能断开，造成供液电磁阀常开启，库温偏离给定值，另外，电磁阀发生故障，也会发生库温失控，如电磁阀线圈开路或烧坏，不能开启，没有制冷液进蒸发器制冷。阀芯卡阻，关不密，不断供制冷液，库温也会偏离给定值。对于鱼、肉库过冷不要紧，而对于菜库过冷会冻坏蔬菜，是不允许的。

3. 风机故障

由于风机的控制是靠融霜定时继电器控制，融霜时，风机停止，非融霜时，运行，所以，风机不转，首先看是否在融霜状态，融霜时，风机不转是属于正常，不是在融霜状态，风机停转是故障，这时，应检查选择开关是否在合适的位置，中间继电器 AX31 是否动作，MC33 是否动作，若这些正常动作，说明风机电机有故障，若动作不正常，就按原理图检查它本身和它线圈回路是否存在开路故障。

4. 不能自融霜

发生这种故障，首先进行手动融霜操作，把 CS₁ 置于 DEFROST 位置，若能手动融霜，说明融霜定时器的两组开关不能自动转换或者选择开关 CS₁ 在自动时，没有闭合好（特别是老龄船，转换开关常发生这种故障），若手动融霜失效，这时，检查在手动融霜操作时，融霜接触器 MC31，MC32 是否动作，若 MC31，MC32 动作正常，就得检查融霜加热器和保险丝，若 MC31，MC32 动作不正常，则检查它们线圈回路和本身。

虽然，分开各个单元控制线路比较简单，但是，六个冷库、两台压缩机控制组成在一起，一个控制箱内继电器接触器数目也比较多，所以，检查线路比较烦杂，因此，平时应按原理图，和实际运行情况，注意各继电器，接触器是属于哪一个单元。以及与库房温度开关、风机和电磁阀，电加热器的引线编号，这样一旦发生故障就能快速排除故障。

（二）空调设备电气控制系统的检修

一般远洋运输船舶空调都是采用集中制冷/加热方式。装设两台制冷压缩机组和通风机，它的制冷原理与冷藏设备一样，所以，它的控制方案也是大同小异。不过空调的压缩机组功能比较多，外界热负荷变化也比较大，一般空调压缩机都有减载起动，随外界热负荷变化而自动卸载或增载（即自动减缸或增缸工作）。我们以 NSA45LR 空调装置的电气控制线路为例，说明其电气方面故障检修方法。

图 6-61 是 NSA45LR 空调装置控制线路原理图。

其工作过程：首先合上风机，压缩机电动机电源开关 52F、52C、起动海水泵，使冷凝器建立冷却水压，然后，先起动风机，即按下风机起动按钮 3C/F，88/F，88/FX 有电，风机运行，同时，接通压缩机电机等控制电源。当压缩机电机的保护联锁通时（即高、低压正常 63CH、63CL 闭合，电机绕组没有发生过热，49H 保护开关闭合，过载保护热继电器没有动作），使 4/2 中间继电器有电，为起动压缩机做好准备。当回风的温度高于调温开关 23LH 整定时，23LH 闭合，此时，按下压缩机起动按钮 3C/C，使得 4/1 有电，常开闭合并自锁，使 88/CX 有电，接通 88/C 接触器，使其得电，常开主触头闭合，压缩机起动运行，同时，88/C 的常闭打开，停止滑油加热，常开的辅助触点闭合，接通油压开关电源和卸载电磁阀，供制冷液电磁阀电源。把卸载选择开关 43U/1、2 置于自动位置，63CU/1、2 自动卸载开关根据热负荷进行自动卸载操作。当回风的温度达到调温开关整定值时，

四、冷藏集装箱电气控制系统的维修

(一) 冷藏集装箱电气控制系统的技术要求

冷藏集装箱电气控制系统的技术要求，除了冷藏装置的一般要求外，还应有：

1. 对箱内的温度调节范围广，一般可在 $\pm 30^{\circ}\text{C}$ 内，进行调温控制，而且恒温精度高。
2. 为了箱内温度调节精度，除了控制压缩机间歇运行外，还必须能够控制制冷剂热旁通，控制制冷剂流量，同时也控制蒸发器风机的转速。
3. 当箱内温度低于整定值时，能够电加热。
4. 根据热负荷大小自动进行卸载操作。
5. 根据外界环境温度和冷凝器压力，自动控制冷凝器的风机台数。
6. 具有可靠的控制功能和较强的监视功能。
7. 具有较强的自诊功能，并具有能够自检的主要元部件。

(二) 冷藏集装箱电气控制系统的维护

冷藏集装箱电气控制系统从继电器式发展到现在的微电脑控制式。继电器的维护可按照电磁控制箱来维护，对微电脑式的维护，主要是对外围设备的维护，如：压缩机、风机、电加热器的接触器维护，它的维护工作量不大，但是，冷藏集装箱流动性大，所以，它的维护一般都是装货前进行，它的内容有：

1. 检查蒸发器风机电动机装配螺栓是否栓住，是否拧紧，并检查风扇架上是否有脏物或油污。必要时，应清洗干净。
2. 检查制冷机各面板的螺栓是否被拧紧及面板的位置是否正确，检查各压力、温度传感器或继电器是否完好。
3. 检查温度记录仪，如果是人工上钟发条，将钥匙留在记录仪内，若是电子式，则检查电池，必要时，更换新的。将划针举起，更换新的记录纸，然后将划针放回。
4. 检查控制系统箱内的电路接点，元件有无松动，线路有无断路，元件有无损坏，对于压缩机、风机的接触器进行维护保养。
5. 检查压缩机观察镜中的油面高度。
6. 检查电源电压是否与电压选择开关位置相符。
7. 以上各项检查没有发现问题或故障排除之后，进行通电启动试验。这时，观察压缩机高、低端的压力、机油液面、机组运行情况，如震动、噪声；控制箱内的接触器、继电器、冷凝器和蒸发器风机的运行情况，对于微电脑控制的机组运行10min左右进行温控器的PTI (Pre-Trip-Inspecting) 自动预检程序检查。

以上检查合格后，方可装船或装货。

(三) 冷藏集装箱电气控制系统的故障检修方法

目前世界上制造冷藏集装箱的厂家比较多，而且，每个产家都有几个系列产品，这样冷藏集装箱的种类繁多，电气控制线路也不同，这给维修人员带来了一定困难。但是，随着微电子技术发展，微电脑控制的冷藏集装箱具有可靠控制与比较完善的监视功能和故障自诊功能，给维修管理人员减轻了负担，再加上这种箱具有数据采集接口，配上一个调制器，就可方便地发展成全船冷藏箱电脑网络监控系统。

为了便于理解冷藏集装箱电气控制系统的工作原理和故障检修方法，我们从继电器式开始。

例一 继电器式 LAKEN5BD 型冷藏集装箱电气控制系统

LAKEN5BD 型冷藏集装箱的电气控制如图 6-62 所示（作了简化处理，即压缩机电动机，风机变速控制，相序测定器等未画出）。

其工作原理：

插好电源插头，合上 52C1 主电源空气断路器和 52C2 控制电源空气断路器，把制冷装

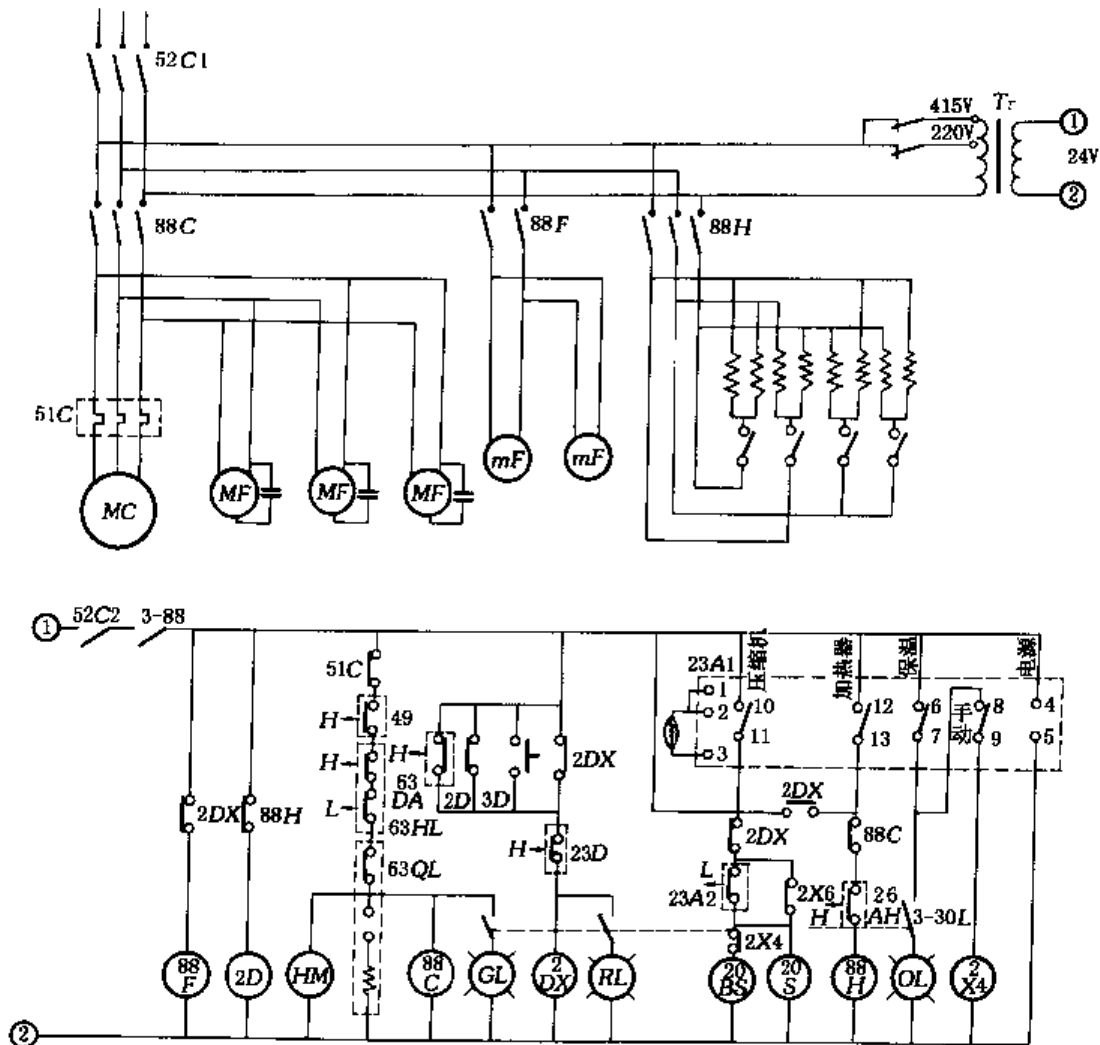


图 6-62 LAKEN5BD 型冷藏集装箱电气控制线路原理图

P-电源插头；52C1、2-断路器；88C-压缩机接触器；88F-蒸发器风机接触器；88H-加热器接触器；2X-辅助继电器；MC-压缩机电机；MF1、2 蒸发器、冷凝器风机电动机；H₁~H₆-蒸发器盘管加热器；H₇、H₈-泄水盘加热器；T_r-变压器；3-88-制冷装置开关；3-30L-灯开关；3D-手动融霜开关；23D-融霜终止恒温器；26AH-过热保护；23A1-电子温度控制器；GL、RL、OL-绿、红、橙色指示灯；51C-过电流继电器；HM-计时器；49-压缩机保护开关；20S-电磁阀；2DX-融霜定时器；63QL-油压保护开关；63HL-高低压开关；63DA-融霜起动开关；C-电容；23A2-出风保护恒温器（低温）；20BS-热气旁通电磁阀；监视插头接线；A-地线；B-运行（绿）；C-融霜（红）；D-停机保温（橙）；虚线-外部连线

置开关 3-88 合上，蒸发器的风机运行，把指示灯开关 3-30 合上。由于箱内高温，电子温度控制器 23A1 的 10、11 导通，使得供液电磁阀 20s 有电，阀开启，压缩机的低压开关 63HL 闭合，没有发生电动机过载，51C 闭合，油压开关 63QL 闭合，使得 88C 压缩机的接触器有电，常开主触头闭合，压缩机、冷凝器风机运转，开始制冷。同时，计时器 HM

有电，开始计时，压缩机运行指示绿灯亮。当箱内温度到了设定温度下限时，电子温控器 10~11 断开供液电磁阀 20s 断电，阀关闭，压缩机的低压端压力急剧下降，使低压开关 63HL (L) 动作，使 88C 失电，断开压缩机电机和冷凝器风机电机电源，停止运行。当箱内温度上升到设定值上限时，电子温度控制 23A1 的 10~11 又接通，又开始制冷过程。

当蒸发器的霜冰不断增厚，厚到触动融霜起动开关 63DA，使其闭合，这时 23D 融霜终止恒温器（一般整定在 30℃ 断开）闭合，使得融霜定时器 2DX 有电，它的常开触头闭合并自锁。若此时压缩机没有运行，88C 常闭触头闭合，使得融霜加热接触器 88H 有电，接通电加热器，进行融霜操作，同时，融霜指示红灯亮，同时 2DX 的常闭触点切断了电子温度控制器与供液电磁阀 20s 回路，直到融霜终止恒温器 23D 动作，使 2DX 失电，2DX 常开触点打开，断开电加热器接触器 88H，停止电加热，融霜结束，同时 2DX 的常闭触点闭合，恢复了电子温度控制器与供电电磁阀回路，压缩机组又受电子温度控制器控制。

故障检修方法：

1. 压缩机组不能起动

这种故障可能存在的原因有：压缩机电机本身不能起动或电动机无电，造成电动机无电，可能是 52C1 没有合上，88C 触头没有闭合，按此演绎下去，我们可得到一个故障树，如图 6-63 所示。检查方法：首先看冷凝器风机转不转，若转，说明压缩机电机本身存在不能起动故障，若不转，检查电源看断路器 52C1 和 52C2 是否合上，运行开关 3-88 是否合上。最后，检查 88C 线圈两端有无电压，有电压说明 88C 本身故障，若无电压，检查线圈回路的各触点，若是 63HL 的低压开关断开，需检查供液电磁阀 20s 两端是否有电压，若箱内属于高温状况，电磁阀 20s 应开启，两端应有电，若无电，可能是保温继电器 2X4 动作和出风保护恒温器失效引起的。此时，应手动保温开关断开，检查 23A2；同时应检查融霜中间继电器 2DX 常闭是否闭合好，电子温度控制器是否有输出。

2. 不能自动融霜

这种冷藏集装箱蒸发器的融霜控制是由蒸发器上的霜厚微动开关 63DA 来激发的。所以，发生这种故障，应首先检查 63DA 微动开关，若融霜有激发（即 63DA 闭合），而无融霜操作，则检查融霜终止恒温器 23D、融霜控制中间继电器 2DX 以及过热保护器 26AH，若这些都正常，检查 88H 接触器本身。

3. 箱内温度变化大

这种故障主要是电子温度控制器工作不正常引起的。这时，只能检查感温元件是否完好，引线是否有断股、松脱，屏蔽线是否有良好接地等，若检查不出问题，只能采用替代法来检修，更换备用电子温控器。

例二 采用微机控制的 CPE14-2BAHHA 型冷藏箱控制系统。

CPE14-2BAHHA 型冷藏是日本三菱公司生产的，控制系统采用微电脑控制，它具有可靠控制和较强的监视、自检功能；能够进行精度高的箱内温度控制；根据热负荷、环境温度自动控制蒸发器的风机的转速和冷凝器风机台数。能够对吸入电磁阀 S5 的启闭控制，对电子膨胀阀进行调节控制，对压缩机的启、停控制；对电加热的通断控制和自动融霜控制等等。显示板上有五个指示灯显示系统工况；ALARM 灯闪光，系统有故障报警，DEF 红灯亮，系统进行融霜；IR 橙色灯亮，系统处于保温状态，COOL 绿灯亮，系统进行制冷操作；HUM 灯进行除湿处理。而 5 位的荧光显示器，能够显示箱内温度，设定温度等，而键盘上的液晶显示器能够显示系统的有关参数，如压缩机电流值，高、低压端的压力值等以及故障

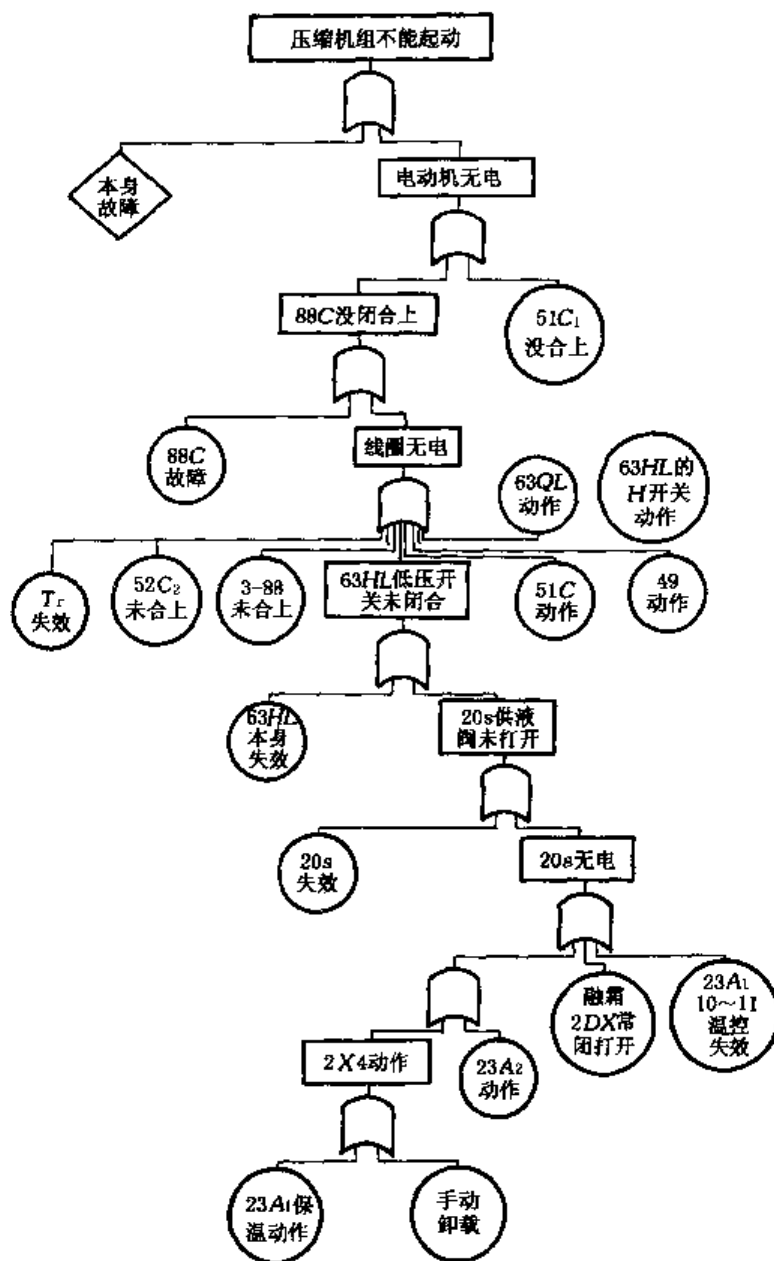


图 6-63 压缩机马达不能启动故障树

代码，通过显示板上的五个触模式键，可以进行十几种操作，并在液晶显示器上显示操作方式，很方便进行人一机通信，操作简单方便。

CPE14-2BAIII A 型冷藏箱的控制系统原理图，如图 6-64 所示。

工作过程：

当插好电源插头，合上空气断路器 32A 和控制电源开关 U.SW 给控制系统提供电源，这时，荧光显示器就是当前箱内温度。然后输入设定温度，其方法：按下 MODE 键，方式代码显示闪光的 5 按下输入键 ENTER，方式代码变为平光，再用 UP 键或 DOWN 键，一直调到所需的温度值，最后按入 ENTER 键，微电脑就接受了新的设定温度，并按其要求控制。

输入融霜间隔时间，其方法：按下方式选择键 MODE，方式代码显示闪光的 0，按下输入键 ENTER，方式代码变为平光，然后用上行键 UP 或下行键 DOWN，一直调到所需的融

霜间隔时间，再按下输入键 ENTER，微电脑就修正先前的融霜时间，按所给的间隔时间进行融霜操作。

为了了解系统主要部件的状况，可进行预检功能，其方法：按下方式选择键 MODE，闪光显示方式码 1，按下输入回车键 ENTER，方式码变为平光，按下上行键 UP 或下行键 DOWN，就能自动地预检有关部件，在液晶显示器，显示序号码和故障代码。其序号见表 6-6。

PTI 自动检测项目 表 6-6

序 号	检 测 项 目	序 号	检 测 项 目
1	压缩机过电流保护电流互感器的检测	11	调节阀闭合核验
2	检查左压缩机电动机	12	调节阀开启核验
3 * *	检查右压缩机电动机	13	电子膨胀阀闭合核验
4	检测冷凝风机电动机（高速）	14	电子膨胀阀开启核验
5 *	检测冷凝风机电动机（低速）	15	温度记录仪的伺服电动机和电位计检测
6	检测蒸发器风机电动机（高速）	16	空气混合检测
7	检测蒸发器风机电动机（低速）	17	Run at 0℃ 冷藏工况检测
8	检测蒸发器加热器（高）	18	Run at -18℃ 冷冻工况检测
9	检测蒸发器加热器（低）	19	化霜系统运行
10	检测制冷系统中高压传感器与低压传感器之间的压力值差	注：	PTI ₀ 的预检功能及预检范围 MMCCHIA 控制器可提供对基本元件进行预检（MIN. PTI） 和对所有元件进行预检

注：*：表示可选择，* *：仅用于 CPE15 型。

当预检结束或终止预检，按下方式选择键 MODE，控制器才能恢复正常工作。

本系统可以对元件进行测试，其方法：按下方式选择键 MODE，当闪光显示方式码 2，按下输入键 ENTER，方式码变为平光，然后，按上行键 UP 或下行键 DOWN，选择所需要检测的元件序号，最后，按下输入回车，控制系统就对该元件进行测试。当输入键被按下时，控制系统保持在输出状态，其对应的元件开始运行。若同时按下输入键 ENTER 和下行键 DOWN 可以控制蒸发器风机电动机输出功率。测试完毕，应当按下方式选择键 MODE，控制系统才能恢复正常工作。

该系统被测试元组件序号和内容见表 6-7。

元组件测试项目 表 6-7

序号	检 测 项 目	当试验显示时， 七段发光二极管 显示其单位	序号	检 测 项 目	当试验显示时， 七段发光二极管 显示其单位
1	试验控制器显示屏	——	7	蒸发器风机低速运行试验	* * . * A
2	左压缩机运行试验	* * . * A	8	蒸发器加热器加热试验	* * . * A
3 * *	右压缩机运行试验	* * . * A	9	电子膨胀阀试验	* * . * A
4	冷凝风机电动机试验（高速）	* * . * A	10	调节阀运行试验	* * * . %
5 *	冷凝风机电动机试验（低速）	* * . * A	11	温度记录仪的运行试检	* * * . %
6	蒸发器风机高速运行试验	* * . * A	12	相位检测继电器运行试验	——

注：* 表示可选择；* * 仅用于 CPE15 型。

为了了解系统有关部件的运行状况,该系统可通过键板操作和显示器显示来实现,其方法:按下方式选择键 *MODE*, 闪光显示方式代码 6 时,按下回车键 *ENTER*, 方式码变为平光,然后,按上行键 *UP* 或下行键 *DOWN*,所需要检查的运行参数值的序号,最后,按下输入回车键 *ENTER*,显示器就显出所要检查的运行参数值。其序号和显示内容见表 6-8。

系统运行参数序号与内容

表 6-8

项 目	运 行 数 据	显示值的单位	项 目	运 行 数 据	显示值的单位
01	设定温度值	* * . * ℃	15 * *	总运行电流值	* * . * A
02	控制温度值	* * . * ℃	16 * *	压缩机电流值	* * . * A
03	供风温度值	* * . * ℃	17 * *	电源电压值	* * . * V
04	回风温度值	* * . * ℃	18 * *	电源频率值	* * . * Hz
05 *	设定湿度值	* * * . %	19 * *	运行方式	- * *
06 * , * *	控制湿度值	* * * . %	20 * *	膨胀阀开启	* * * . %
07	蒸发器出口温度值	* * . * ℃	21 * *	调节阀开启	* * * . %
08	环境温度值	* * . * ℃	22	温度记录仪设定温度值	* * . * ℃
09 *	箱内温度值一号位	* * . * ℃	23	温度记录仪记录温度值	* * . * ℃
10 *	箱内温度值二号位	* * . * ℃	24	镍—电池电压	* * . * V
11 *	箱内温度值三号位	* * . * ℃	25	锂—电池电压	* * . * V
12 * , * *	蒸发器风压值	* * * . Pa	26	左压缩机运行小时	* * * × 100h
13 * *	高压值	* * * × 10Pa	27 * * *	右压缩机运行小时	* * * × 100h
14 * *	低压值	* * * . Pa	28	蒸发器风机运行小时	* * * × 100h

注: * 选择项目; ** 电源合上; *** 仅用于 CPE15 型;

表中 19 项; - * * ← 操作步骤: 0、1、2、3、4

——运行方式: 0 表示冷藏状态, 1 表示冷冻状态

注意: 进行元组件测试后, 一定要按下方式选择键 *MODE*, 控制系统才能恢复正常监控工作。

其他操作方式: ①湿度控制值的设定, 按下方式键 *MODE*, 在闪光显示出 3, 按下输入回车键 *ENTER*, 变为平光, 然后按上行键 *UP* 或下行键 *DOWN*, 调到所需设定的湿度值, 最后, 按下输入回车键 *ENTER*。微电脑接受新的湿度设定值, 按其控制。②读取温度控制值, 按下方式选择键 *MODE*, 当闪光显示方式码 C 时, 按下输入回车键 *ENTER*, 方式码变为平光, 同时数字显示部分, 就显示出温度控制值, 读取之后, 一定要按下方式选择键 *MODE*。控制系统才能恢复正常工作, 否则控制器将始终显示控制温度值及正常的运行状态。③手动融霜操作, 按下手动融霜按钮 *HDS* 或同时按下上行键 *UP* 和下行键 *DOWN*。④更换温度记录卡, 首先应同时按下上行键 *UP* 和下行键 *DOWN*, 然后把画针旋出, 换上新的温度记录卡, 把画针装回, 最后按下方式选择键 *MODE*, 画针复位。

故障检修方法

本控制系统具较强的自诊功能。当发生报警灯 *ALARM* 亮时, 按下方式选择键 *MODE*, 当闪光显示方式码 E 时, 按下输入回车键 *ENTER*, 液晶显示器就显出故障代码, 其对应的故障见表 6-9。若存在多个故障, 可用上行键 *UP* 或下行键 *DOWN*, 显示出其他故障。

故障代码

表 6-9

代 码	故 障 描 述	代 码	故 障 描 述
101	与电脑中央处理器的通信发生异常	336 * *	右压缩机排气温度传感器短路
102	数模转换器发生异常	337	左压缩机排气温度传感器断路
103	电脑中央处理器的执行程序异常	338	左压缩机排气温度传感器短路
104	显示器存储器异常	340	相位接触器次端电压传感器异常
106	数据静态存储器异常	350	主断路器次端电流传感器异常
107	主程序静态存储器异常	351	主断路器次端电流传感器检测异常
108	相序脉冲信号异常	356	压缩机用电流传感器异常
200	控制温度异常	357	电流传感器检测异常
201	高压异常	360 *	湿度传感器异常
202	低压异常	411	左压缩机电动机短路或堵转
206	人为(强迫)终止化霜	412	左压缩机电动机断路
207	电源系统单相运行	413 * *	右压缩机过热
208	电源频率异常	415 * *	右压缩机电动机短路或堵转
209	电源电压异常	416 * *	右压缩机电动机断路
300	操作键(方式键)失灵	417	左压缩机过热
301	操作键(上行键)失灵	421	冷凝器风机电动机卡死或短路
302	操作键(下行键)失灵	422	冷凝器风机电动机断路或内部保护开关动作
303	操作键(输入)失灵	431 *	冷凝器风机低速卡住或短路
307	电源自动保护开关异常	432 *	冷凝器电动机低速断路或内部保护开关动作
310	供风温度传感器断路	451	蒸发器风机高速卡住或短路
311	供风温度传感器短路	452	蒸发器电动机高速断路或内部保护开关动作
312	回风温度传感器断路	461	蒸发器风机低速卡住或短路
313	回风温度传感器短路	462	蒸发器电动机低速断路或内部保护开关动作
314	供风回风温度值异常	471	蒸发器加热器(高温档)短路
315	蒸发器出口温度传感器断路	472	蒸发器加热器(高温档)断路
316	蒸发器出口温度传感器短路	481	蒸发器加热器(低温档)短路
317	蒸发器出口温度异常	482	蒸发器加热器(低温档)断路
320	箱内温度传感器断路	491	电子膨胀阀异常
321	箱内温度传感器短路	492	调节电磁阀异常
322 *	制冷检测一号温度传感器断路	550	电子温度记录仪电池异常
323 *	制冷检测一号温度传感器短路	601	电子温度记录仪伺服电动机或电位计异常
324 *	制冷检测二号温度传感器断路	900	高压异常(冷剂补充过量)
325 *	制冷检测二号温度传感器短路	901	低压异常(冷剂补充不足)
326 *	制冷检测三号温度传感器断路	902	低压异常
327 *	制冷检测三号温度传感器短路	903	制冷异常,制冷时间长,温度下降慢
330	高压传感器异常	904	制冷系统中混入空气
331	低压传感器异常	997	电池报警
332	高低压传感器异常	998	方式转换
333 *	空气(风流)压差发送器异常	999	电源关断

注: * 表示可选择; * * 仅适用于 CPE15 型。

有了故障代码，查找表 6-9 就知道故障原因，检修起来就很方便，一般对于器件故障，都采用替代方法来修复，如果替代新备件后故障仍然存在，这时应重点检查接线是否错误，线路是否有开路、短路或接地故障。对于微电脑控制系统，特别要注意干扰的危害，系统的原有的抗干扰措施在检修过程中，应给予保护和恢复，不能损害，应该接地的地方，应可靠接地。

例三 69NT40—489 型冷藏箱电气控制系统

69NT40—489 型冷藏集装箱是凯利尔公司生产的，也是微电脑控制式的控制系统，但与三菱公司的 CPE14 型有所不同，它的温度等记录是采用电脑数字记录器，它不仅能记录箱内的温度变化，而且还记录其它信息，如：航程开始日期，有关各温度传感器的温度等，控制器上留有遥控监测器槽位，便于组成全船网络监控系统，它的外部设备大同小异，这里就不赘述，它的显示板与操作键板是分开安装的，而且，显示板上有七个指示灯，分别为：制冷运行白色指示灯 COOL，加热橙色指示灯 HEAT，融霜橙色指示灯 DEFROST，保温绿色指示灯 IN. RANGE，报警红色指示灯 ALARM，送风指示灯 SUPPLY，回风黄色指示灯 RETURN。键板共有十一个键；各键的功能见表 6-10。

69NT40—489 型冷藏箱各键的功能

表 6-10

键 名	功 能
上行键 ARROW UP	①更改设定控制温度上升 ②改变功能代码上升 ③细查警报名单、向前 ④改变使用者选择特定功能代码上升 ⑤在 PTI 操作时，上行 PTI 试验 ⑥在按下 ALT MODE 键后，上行查寻记录数据功能及故障代码
下行键 ARROW DOWN	①更改设定控制温度向下 ②改变功能代码向下 ③细查警报名单向下 ④改变使用者选择特定功能代码向下 ⑤在 PTI 操作时，重复向后再 PTI 试验 ⑥在按下 ALT、MODE 键后，向下查寻记录数据功能及警报代码
回风/送风 RETURN/SUPPLY	显示不用于控制的回风/送风的温度传感器的温度值（瞬时的显示）
摄氏/华氏 ℃/F	显示交替的温度度数（瞬间的显示）
警报名单 ALARM LIST	①在按下变换模式键 ALT、MODE 后，按下警报名单键，显示器就显出的故障代码 ②当故障排除之后，按①操作，显示出对应故障代码，按下输入回车键 ENTER，就可除警报行列
代码选择 CODE SELECT	①按此键选取功能代码，对温度控制器进行操作或人一机通信 ②当按下变换模式键 ALT、MODE 后，按此键对数据记录器进行操作或人一机通信
除霜间隔时间 DEFROST INTERVAL	显示所选的除霜间隔时间
预检 PRE-TRIP	按下此键，引进 PTI 检查，欲中断 PTI 按下输入回车键 ENTER
电池电力 BATTERY POWER	当没有交流电源时，装有备用干电池，按下此键，能给温控器进行设定温度及选择功能代码操作

续上表

键 名	功 能
输入回车键 ENTER	①送设定温度给微电脑 ②当交换显示时, 按下此键, 可延长 30s 显示 ③进入选择代码去质询警报名单 ④进入使用者所选择的功能操作 ⑤消除警报名单 ⑥在 PTI 试验中, 按下此键, 中断 PTI 试验
变换模式 ALT. MODE	准许进入数据记录功能及警报代码

操作过程:

插好电源插头, 根据船电电压, 合上空气断路器 CB-1/CB-2, 按下起动按钮, 进行冷藏箱的设定温度调节, 其方法, 直接按上行键 ARROW UP 或下行键 ARROW DOWN, 通过显示器, 调到所需控制温度, 按下输入回车键 ENTER, 微电脑温控器接收送来的新的设定温度, 并按其控制。

为了检查系统运行状况, 可按代码选择键 (CODE, SELECT) 进行 33 个功能操作。其方法, 按下代码选择键, 再按上行键或下行键至左视窗显示出所选代码, 右视窗会显示其数值 5s, 其内容见表 6-11。

功能代码和运行状态参数

表 6-11

功能代码	显 示 内 容 参 数	功能代码	显 示 内 容 参 数
Cd01	吸气调节阀开度 (百分比)	Cd18	软件转换号码
Cd02	冷却电磁阀 (开-闭)	Cd19	电池验测
Cd03	吸气电磁阀 (开-闭)	Cd20	备用
Cd04	线电流 A 相	Cd21	备用
Cd05	线电流 B 相	Cd22	备用
Cd06	线电流 C 相	Cd23	备用
Cd07	电源电压	Cd24	次级送风温度探头
Cd08	电源频率	Cd25	化霜前的制冷时间
Cd09	环境温度	Cd26	化霜终止传感器温度
Cd10	压缩机吸气端制冷剂温度 (可选择)	Cd27	化霜相隔时间
Cd11	压缩机排出端制冷剂温度 (可选择)	Cd28	温度单位
Cd12	压缩机吸气端制冷剂压力	Cd29	动作异常
Cd13	压缩机排出端制冷剂压力	Cd30	定温范围
Cd14	热旁通阀 (开启/闭合), 适用于 R-22 机组	Cd31	机组延时起动时间
Cd15	卸载阀 (开启/闭合), 适用于 R-22 机组	Cd32	限流值
Cd16	压缩机运行小时记录表	Cd33	相对湿度设定值
Cd17	相对湿度 (百分比)		

在装货前, 为了检查系统有关元组件是否完好, 可进行预检功能 PTI 操作。其方法: 按下预检键 PRE-TRIP, 微电脑就开始 PTI 测试。其测试代码和对应的测试内容见表 6-12。

PTI 测试项目

表 6-12

测试代码	测试内容和显示结果	测试代码	测试内容和显示结果
P	荧光管和液晶显示器和显示板指示灯 5s	P ₅₋₀	送风和回风以及送风温度传感器
P ₁₋₀ *	加热器, 显示测试电流	P ₅₋₁	初级送风和次级送风温度传感器
P ₁₋₁ *	加热器, 显示 6s 后的电流	P ₆₋₀ *	压缩机电动机, 显示 6s 后电流
P ₂₋₀ *	冷凝器风机电动机开, 显示 15s 后的电流	P ₆₋₁	卸载电磁阀 (不应用)
P ₂₋₁ *	冷凝器风机电动机关闭, 显示 6s 后的电流	P ₆₋₂ *	吸气调节阀开, 显示其开度 (%)
P ₃₋₀ *	低速蒸发器风机电动机起动, 显示 60s 后电流	P ₆₋₃	冷却电磁阀
P ₃₋₁ *	低速蒸发器风机电动机关闭, 显示 6s 后电流	P ₆₋₄ *	吸气调节阀关
P ₄₋₀ *	高速蒸发器风机电动机起动, 显示 60s 后电流	P ₆₋₅ *	吸气电磁阀
P ₄₋₁ *	高速蒸发器风机电动机关闭, 显示 6s 后电流		

注: *项, 按下输入回车键可显示测试结果合格 (PASS) 或故障 (FAIL)。

故障检修方法:

当发生报警红色指示灯亮时, 按下报警名单键 ALARMLIST, 左显示器显示 AL# (#报警代码), 右显示器显示 AA×× (××—报警代码) 是存在故障, 若显示 IA××, 表示 ××报警代码对应的故障是以前出现过, 现在不存在, 若此时, 按下输入键, 就可以报警名单上消除该报警代码。从显示器上读取报警代码, 就可知道故障点。其报警代码对应的故障内容见表 6-13。

报警代码

表 6-13

报警代码	故障	报警代码	故障
AL20	控制电路保险丝断路 (24V)	AL55	次级送风温度传感器失灵
AL21	电脑控制器保险丝断路 (18V)	AL56	初级回风温度传感器失灵
AL22	蒸发器风机电动机内保护动作	AL57	环境温度传感器失灵
AL23	变压器内自动保护动作	AL58	压缩机高压限位安全开关动作
AL24	压缩机电动机内保护动作	AL59	加热终止温控器失灵
AL25	冷凝器风机电动机内保护动作	AL60	化霜终止温控器失灵
AL26	所有送风及回风传感器故障	AL61	加热器失灵
AL27	感温探头电路校对失灵	AL62	压缩机电动机故障
AL51	报警表头失灵	AL63	过电流
AL52	报警表满载	AL64	排气温度即高压端制冷剂温度过高
AL53	主电源电压传感器失灵	ERR#	电脑内部失灵
AL54	初级送风温度传感器失灵	LO	主电源电压低 (超过 20%)

第七章 船舶电站的维修

主要内容：讨论船舶同步发电机、调压器、配电装置的维护和检修；讲述船舶电站自动化装置的维护和检修一般方法。

第一节 船舶电站的维护与保养

船舶电站是船舶电气设备的核心、它担负着全船发、配电的重要任务，起着“心脏”作用，电站运行好坏直接关系到船舶安全。特别是电气化自动化船舶，各种工作机械及生活设备都需要用电来控制 and 拖动。因此，电站极为重要，对于船舶的电气维修管理人员来讲，首要任务就是维护管理好船舶电站，保证船舶电站供电可靠，电网稳定、运行经济、使用安全，一旦出现故障能够快速排除。

一、船舶同步发电机的维护和保养

（一）船舶发电机运行中的监视

运行中的发电机，应根据配电板上仪表指示情况，对发电机不断进行监视，以便及时发现不正常现象，消除隐患，保证船舶的正常供电。

1. 发电机温升的监视

发电机运行时，由于铜耗、铁耗及机械损耗等原因会使其温度升高，发电机温度过高，加速绝缘老化，缩短发电机的使用寿命，甚至会引起发电机事故。所以，对运行中的发电机必须严格监视各部分温度，使其不超过最高允许温度。

对无限航区的船用发电机，环境温度规定为 50°C ，但实际上由于季节、航区的变化，环境温度有所变化，应当经常检查，可用手摸感觉是否超过正常温度。

2. 发电机电压的监视

运行中的发电机电压应达到额定值，其允许变化不超过 $\pm 2.5\% U_N$ 。其调压多采用自励恒压系统，但是当多台电动机同时起动或大容量的电动机起动时，也会引起电网电压波动，同时使发电机电流增大。因此，应当经常注意电压回复。

3. 发电机功率因数与频率的监视

船用交流同步发电机的额定功率因数大多数定为 0.8（滞后），但实际工作时，负载的功率因数是变化的，特别是当并联运行多台发电机，应保持各台发电机功率因数基本上一致，防止某台发电机功率因数过高，而另一台过低，影响电网系统的稳定运行。

交流发电机正常运行时，电网频率应在额定频率 $\pm 1\% f_N$ 内变化，防止变化范围太大，影响电动机、电器的正常工作。

4. 绝缘电阻的监视

发电机投入运行前必须测量定、转子绕组的绝缘电阻，对于无刷发电机应测量定子绕组绝缘，每月至少检测一次，若热态绝缘电阻值低于 $0.5\text{M}\Omega$ 时，应查明原因采取措施，使绝

缘电阻提高后方能投入运行。

5. 其它部分的监视与检查

对有刷发电机：还必需监视滑环与电刷工作情况。如滑环表面、滑环间是否有电刷粉末和污垢聚集，刷架及刷握上是否有积炭刷灰，应经常吹拂清洁电刷、刷握、刷架及滑环等。检查机组转动情况，检查轴承声音和温度。

对无刷发电机：除了检查机组转动情况，发电机轴承声音和温度外。还需检查励磁机和旋转整流器，应保持其清洁、散热良好。

(二) 发电机的日常维护和保养

1. 一般维护

为保证发电机正常工作，在机组附近不应有水、油及污物堆积，不能有腐蚀性气体，以免损伤、腐蚀发电机绕组绝缘和滑环。应保持发电机冷却通风无阻，经常清洁通风过滤网。发电机外围清洁，防止油、水滴入或吸入发电机内部。

2. 拆装注意事项

发电机拆装方法与异步电动机大致相同，但由于发电机重量大，拆装时应注意不要碰伤。

拆装端盖时，注意不要碰伤、损坏零部件。

取出转子时，要在定、转子间垫以纸板，以防损伤铁心和绕组，对于无刷电机应注意转子的不同外径。

在用钢索绑扎转子时，钢索不得碰到转子轴颈、风叶、转子线圈和旋转整流子，绑钢索处必须垫以木板或橡皮垫。

转子放置时，应放在硬木衬垫上，衬垫放在轴颈或转子的铁心下面，不得垫在集电环下，以防集电环被压变形，并把集电环包扎保养好。

3. 发电机的烘干

凡是发电机因受潮而绝缘电阻低于规定值时，必须进行烘干，烘干方法参照电动机绕组烘干的一些方法。但需注意绕组的温度不得超过 80°C ；加热应缓慢进行，烘干开始后，每隔 30min 测量一次温度和绝缘电阻，当温度稳定后，每隔 1~2h 测量一次，并作好记录。最后烘干完，当绕组冷却到 60°C 时，用 500V 兆欧表测量定、转子绕组的绝缘电阻，应不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

4. 发电机轴承的维护与保养

应经常注意运行发电机轴承的温度和声音。当运行 2000h，需要换润滑脂一次，在起动长期停用的发电机前，必须检查其润滑状态，若原有润滑脂已脏或已经硬化变质，必须先将轴承用汽油清洗干净，换用清洁的润滑脂，填入量为轴承空间的 $\frac{2}{3}$ ，不可填入过多。

5. 集电环与电刷的维护

集电环的表面应保持光滑，并呈圆柱形。如果表面有铜绿及灼痕时，应用 00 号细砂布研磨。研磨时，应把砂布装在直径与滑环相适应的弧形木瓦上进行。也可在运行中研磨。

如果表面严重灼伤或集电环变形，应进行光车，光车可在船舶进厂检修时进行。

为了使集电环磨损均匀，一年内必须更换其极性一次到两次。更换极性后，应对相应极性进行充磁。

应经常检查电刷磨损情况，若磨损过多，应更换新电刷，新电刷牌号必须与原来相同，

在同一极性刷杆上的电刷应一起更换。新电刷应进行研磨，使其与集电环表面接触良好，在轻负载下（额定负载的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ ）、运行到其接触光滑为止。

6. 对于无刷发电机系统

应定期测量旋转整流子参数，各整流管的参数要一致。

例如：某轮的无刷同步发电机的维护要求，见表 7-1。

无刷同步发电机的维护

表 7-1

周 期	维 护 内 容
日 常	1. 检查轴承：润滑油情况、油环、声音、震动、温度 2. 检查电路是否接地 3. 检查负荷情况：如电压、电流、输出功率等
每 月	1. 检查发电机绝缘电阻 2. 检查所有的紧固螺柱和螺母 3. 检查通风道，清洁通风道和空气过滤网或更换过滤网
每半年	1. 更换润滑油和清洗轴承，同时检查轴承 2. 清洁发电机，用无油压缩空气吹掉灰尘，用干净布和清洁剂抹去油泥和盐结晶 3. 检查电气联接情况 4. 检查调压器的引线是否绝缘完好，所有接触是否良好。并用低压干燥空气吹去调压器元件上的灰尘，或用干净布擦去

（三）发电机投入运行前的检查

对于新安装的发电机或经检修及长期停用的发电机投入运行前应进行检查，以保证发电机安全运行。

1. 仔细查看发电机内部，不得有杂物存在，防止落入螺钉、工具、抹布等异物。
2. 用大约两个大气压的干燥压缩空气或皮老虎清除发电机各部分的灰尘。为了避免损坏线圈，不得使用金属吹管。
3. 检查发电机轴承安装质量和润滑情况；检查转子是否灵活，发电机与原动机的连接是否对中。
4. 清洁集电环，检查电刷装置（对有刷发电机而言）。
5. 用 500V 兆欧表测量绝缘电阻，其值应不小于 0.5MΩ。
6. 如果发电机结构允许，可用塞尺测量气隙，其最大、最小气隙之差与平均气隙之比一般不超过 ±5%，低速发电机不应超过 ±10%。
7. 检查励磁接线是否正确，引线是否良好。
8. 检查各紧固件，有松动者应上紧。
9. 正式运转前应进行试车，使发电机空转，达到额定转速后再停机检查其转动方向、振动、轴承温度等情况。

二、自动调压器的维护

为了保证自动调压器的正常工作，船舶电气维修人员必须按要求对调压器进行维护。

维护周期：每年进行一次。

维护内容与要求：

1. 检查调压器的接线头、联线是否良好，并检查线性电抗器的间隙大小，有无异常声响，如果发现接线头松动，必须拧紧。间隙大小不合适应调到要求值，有异常声响应查明原因进行排除。

2. 检查调压器相与相之间、相与地之间的绝缘是否良好, 一般要求绝缘电阻值不得小于 $0.5\text{M}\Omega$, 若发现低于 $0.5\text{M}\Omega$, 应找出原因, 采取措施, 使之达到要求值。

3. 检查磁场变阻器的滑动触点接触是否良好, 若有短路与断路的隐患, 应及时排除。

4. 对调压器中的电子器件, 应按电子设备的要求进行检查, 应检查插接式印刷电路板接触是否良好, 分立元件应检查其外观、引出线、焊点、电路导电铜膜是否有腐蚀, 检查熔断器是否有油垢、污物; 应及时清洁、保持良好的散热条件。对于整流器一般要求 1~2 年进行一次清洁, 并测量正、反向电阻、作好记录, 如果发现数值与原始数值差别较大, 应交有关单位进一步测量特性或换新。

5. 对于无刷同步发电机, 应对励磁机进行维护, 维护要求与同步发电机相同。对于旋转整流器应按 4 中要求进行, 特别是由于离心力作用, 导电软带应扎牢, 防止开路。由于励磁机具有放大作用, 所以调压器容量比较小, 直接安装在发电机上, 环境比较恶劣, 应经常维护保养。

三、主配电板的维护

主配电板是用于接受电能、分配电能, 并对发电机、用电设备进行保护、监视、测量、转换、控制, 是船舶电站主要设备之一, 应经常维护保养, 使其处于良好的工作状态。

其维护内容和要求:

1. 对于面板应经常清洁, 经常检查指示灯仪表是否良好, 指示是否正常, 如有损坏应及时更换, 检查各报警装置是否正常。

2. 对于主开关每个月应检查活动部分的润滑情况, 必要时应加滑油, 检查紧固部分有无松动, 检查可调部分是否变位、损坏, 检查各保护装置整定值的标记是否正确。

3. 每半年检查主开关操作是否灵活、可靠, 检查主、副触头接触是否良好, 检查保护装置动作是否可靠。若发生主开关过流跳闸后, 应对主开关进行一次维护、检查, 特别是触头、灭弧室等部件。

4. 对于主配电板上的仪表和保护装置应每四年进行一次校验, 并获得船检部门认可。

5. 对于充磁装置应每半月检查二极管、变压器等设备工作是否可靠, 防止产生倒流现象。

四、船舶电站的日常管理

船舶电站安全稳定运行是保证正常航行的重要条件、电气维修管理人员必须做好船舶电站的日常管理工作。

(一) 船舶电站运行中的监视和管理

1. 观察配电盘上仪表读数, 并作好记录, 观察指示灯情况。

2. 根据用电量大小进行发电机的并联或解列操作, 使船舶电站合理、经济运行。

3. 观察并联运行的发电机功率分配是否合理, 若不合理, 应手动调节。检查发电机各相电流是否平衡, 其相差不得超过 $15\% I_N$, 且每相电流不超过额定值。当发电机超负荷时, 若无分级卸装置应卸去一部分次要负荷, 如空调、风机等设备, 以保证发电设备和航行安全。

4. 检查主、应急配电板的主开关、继电器接触器的通断状态位置是否正确, 重要负载开关应有明显的标志, 以免引起误操作。

5. 检查运行中的发电机其调压器是否有不正常的振动和声响,若有异常,应查明原因并加以排除。

6. 检查发电机及轴承温度是否正常。发电机的温升不应超过其绝缘等级允许温升,轴承最高工作温度、滚动轴承一般不超过 80°C ,滑动轴承不超过 70°C 。

7. 对故障待修或正在检修的设备,应在主配电板上断开对应电源开关,同时必须在其开关上悬挂告示牌,以免造成触电事故或设备损坏。

8. 配电板上同步表、兆欧表和并车电抗器均按短期工作设计,因此并车或测量完毕后,应将转换开关打到零位。

9. 经常注意配电板上兆欧表或地气灯所显示的船舶电网绝缘情况是否良好,如有绝缘不良应及时检查、排除,整个配电板绝缘检查,每日至少一次,并记入电气日志。

(二) 船舶电站停止运行后的管理

1. 电站在将要长期停止运行或发电机、配电板将进行厂修前均应测量绝缘电阻,并作好记录,以备查考。

2. 配电板上所有开关、电阻器及仪表应处于切断状态,有门锁的配电板应锁好。

3. 接岸电时,应查明岸电的电压、频率是否与船电一致,并检测确定相序相符时,方能接岸电。

4. 发电机、配电板停用期间,对有加热驱潮电阻装置者,应通电加热,严防油、水溅入发电机和配电板内。

(三) 船舶电站经修理或长期停用后投入运行前的检查与要求

船舶电站经过修理或长期停止使用后,在投入运行前一定要经过检查,达到使用要求才能投入运行,主要检查与要求有:

1. 检查发电机主开关保护装置整定值的标志是否在原来的正常位置上,如有变动应进行检验、调试。

2. 检查发电机、配电板绝缘电阻值,最低不得小于 $0.5\text{M}\Omega$ (检查时各分路开关应断开)。

3. 检查配电板上各电器、仪表是否正常,接线是否正确,接触是否良好,特别是经过修理后或改装后的部位应注意接线与图纸是否相符。

4. 试验主开关手动合闸是否良好。

5. 检查发电机内部是否有油、水、污垢及其它物件,并检查内、外接端子、电刷、刷握的位置及弹簧压力是否正常。

6. 盘车检查发电机转动是否有异常现象。

经过上述检查,如发现异常,需进行检修,排除异常现象,达到正常要求,才允许投入运行。

五、手动并车注意事项

由于船舶电力负荷是随着船舶工况变化而变化的,这就要求投入电网发电机组台数也随着变化,为了使船舶电网不间断供电,必须进行并车操作,现代远洋船舶都装备有自动并车装置,只要一起动柴油机组,按一下自动并车按钮,就能自动并车投网工作,但是,万一自动并车装置失效,机电管理人员就必须进行手动并车操作,为了船舶航行安全,手动并车操作技能是每位机电管理人员必须熟练掌握。手动准同步并车操作步骤如下:

1. 起动待并的柴油机组，使其转速达到额定值，并检查机组运转情况，确保无误，正常后，才能允许该机组进行并车操作。

2. 观察待并发电机控制屏上的电压表的读数是否与运行机的一样，不一样，应调节待并机控制屏上电压调节旋钮，调节到其读数一致为止。

3. 观察待并发电机控制屏上的频率表的读数是否与运行机的一样，不一样，应调节待并机控制屏上的原动机转速调节开关（注意：应采用点动方法调节），使其读数一致。

4. 合上整步表开关，看其指针旋转方向：①若往快（FAST）方向转，而且旋转比较快（每周小于4s），这时说明待并机的转速比运行机加快，应降低待并机的转速（即调节待并机转速开关往下降方向），使其旋转每周的时间大于4s。②若指针往慢（SLOW）方向转，说明待并机的转速比运行机慢，应加速（即调节待并机转速开关往上升方向），一直调节到，使指针往快方向转动，而且，每转一周的时间大于4s。③若指针停留在某一位置不动，说明两台发电机的频率一样（即转速一样），但初相位不相同，此时，应点动一下调速开关（往加速方向），使其指针往快方向缓慢转动。④若指针停留在某一位置而不停抖动，说明两台发电机频率相差比较大，这时观察待并机控制屏上的频率表与运行机的频率表是否相差太大，把偏离额定频率的机组的频率调节到额定值，然后，看整步表，按①或②调节。

5. 当整步表的指针旋转一周的时间大于或等于4s时，在指针转到整步点提前一个小角度，果断合闸。

6. 若合闸成功，指针就停留在整步点上。把整步表切除，进行负载转移操作。若不成功，指针照样转，重复5步骤，一般可重合闸三次，若三次不成功，可能主开关有故障，应起动另一台柴油机组进行并车操作。

7. 负荷转移操作，把待并机的调速开关往加速方向点动，同时，把运行机的调速开关往减速方向点动。这时应注意频率不能偏离额定值。使得两台发电机承担一样负荷（对于同容量机组而言）。

在手动并车操作时，应注意的事项有：

1. 待并柴油机组在并车前应进行检查，应具有良好运行状况条件。

2. 并车操作应细心、谨慎，合闸应果断。

3. 在并车操作前，应把没有运行的大负荷开关分断，如起货机、空气压缩机、锚机、绞机等，以防在并车操作过程中起动这些设备，造成电网参数波动大，引起手动并车失败。

4. 合闸成功后，应及时切除整步表，因为整步表是按短时工作制而设计的。

5. 合闸成功后，应及时进行负荷转移操作，以防止空载发电机在电网上受电网参数波动，引起逆功率跳闸。

手动并车失败的原因：

1. 没有按照手动并车操作步骤进行。

2. 在并车时，船舶电网参数波动太大，很难捕获并车三大条件，从而造成并车失败。

3. 调压器特性不一样或特性曲线太硬，在并车后，把大部分的无功功率一下甩给特性曲线硬的机组，造成过流跳闸。对于电磁式调压器，均压线没有接上，均压线接触器线圈无电压，触点接触不良或线路接错，就会造成并车失败。对于CCT无功功率分配环节的线路接反或电流稳定装置没有接入也会造成并车失败。

4. 并车后，没有及时进行负荷转移。

5. 待并发电机的主开关故障，不能合闸。一般试合闸三次，若三次都不能成功，说明

主开关故障。

当手动并车失败时，应沉着冷静分析失败原因，不要随意猜疑设备故障，应细心谨慎，严格按并车步骤操作。

六、接岸电注意事项

当发电机因修船停止运行时，可由岸上电源供电。交流船舶接岸电时应当注意如下各项：

1. 检查岸电电压、频率是否与本船电网的一致，若频率相同，仅电压不同，可通过调压器将岸电压变成与本船电压相等后，再接至船电网。

2. 检查岸电相序与船电网相序是否一致，如果相序不一致将会使船上电机反转，一般船上的岸电箱内均有相序指示灯，当指示灯显示相序正确时才能接通岸电。

3. 接通岸电之后，不允许再起动船上主发电机和应急发电机，因此船舶电站均设有与岸电的联锁保护，使两者不可能同时合闸。

4. 若岸电为三相四线制（中性点接地）时，应将船体与岸上接地装置相联，然后接岸电。

七、主开关跳闸的应急处理

配电板上主开关跳闸使全船停电是一种严重事故。航行中的船舶如果不能立即恢复供电，就会失去动力，无法操纵，甚至会引起船舶触礁或碰船的危险，因此，跳闸以后，要求要迅速采取措施，尽快恢复供电，避免引起恶性事故。

主开关跳闸后，应沉着冷静，根据跳闸前的具体情况，采取相应措施恢复供电。主开关跳闸大约可分为三种情况。

1. 航行中跳闸

航行中主开关突然跳闸，其主要原因：

（1）负载太大或电网发生短路，引起过载或短路保护动作而跳闸。此时应当立即将一台发电机的主开关合闸，供电给航行设备以及为主辅机服务的电气设备，保证航行安全。

（2）发电机主开关误动作而跳闸。如果负荷不大，又没有发生短路现象，则有可能是发电机主开关本身误动作引起跳闸。例如主开关失压脱扣钩松动，加上船舶振动引起失压脱扣器动作，使开关跳闸，失压线圈绝缘老化击穿短路烧坏，使开关跳闸。此时，重合闸都不能成功，应立即起动另一台备用机组投入电网。

（3）调速器失灵，如果发电机组的原动机调速器失灵，不能保证油门的大小随负载的大小而相应增减，也会引起主开关跳闸，跳闸前辅机的转速、声音都不均匀，突大突小，变化范围大，一般都属于这种情况，此时应起动另一台备用机组投入电网。

（4）柴油机故障停机、失压而跳闸。此时应起动另一台备用机组投入电网。

2. 并车时跳闸

并车时，如果引起跳闸，这是因为没有满足并车条件合闸，冲击环流太大，使过流保护装置或逆功率保护装置动作，引起跳闸，这时要立即将任一台发电机投入电网，恢复供电，然后再次调整待并发电机的频率、相位，使其满足并车条件，进行并车合闸，进行负荷转移，使二台发电机稳定并联运行。

3. 装卸货时跳闸

如果是停泊、靠码头装卸货时发生跳闸，大多是因起货机开的台数多，使发电机过载而跳闸，有时也因多台起货机同时起动而引起跳闸，此时应暂将起货机电源开关断开，同时应立即合闸，然后起动一台发电机组并入电网，并检查逆功率保护的整定值是否有变动，稳定后，便可向起货机供电。当船舶其他负荷比较小时，起货机在高速落货，位能返馈给电网，使得发电机逆功率，而造成主开关跳闸。这时，应立即合闸，限制高速落货运行。

第二节 船舶发电机、调压器常见故障检修

船舶交流同步发电机都带有自动电压调节器（简称调压器）。发电机通过调压器达到起压和恒压的目的。运行时，如果供电出现异常，可能是发电机本身的故障，也可能是调压器的故障，因此我们把发电机和调压器的故障一起分析。

一、发电机与不可控相复励自动恒压装置配合的发电系统常见故障检修

不可控相复励自动恒压装置通常有三种类型：电流叠加型、电磁叠加型、电势叠加型，目前常用的前二种类型，由于这种装置线路简单，维护工作量少，可靠性高等特点，中小型船舶仍有广泛使用。

（一）电流叠加型

这种不可控相复励自动恒压装置，就是把发电机的电压，通过移相电抗器变换为滞后于电压 90° （近似）的自励分量（ I_{eu} ）与发电机的电流的复励分量（ I_{ec} ）在整流器的交流侧叠加，得到励磁电流 I_e ，通过整流器，供给发电机直流励磁电流。其单线示意图，如图 7-1a）所示。其复励作用的矢量图，如图 7-1b）所示。

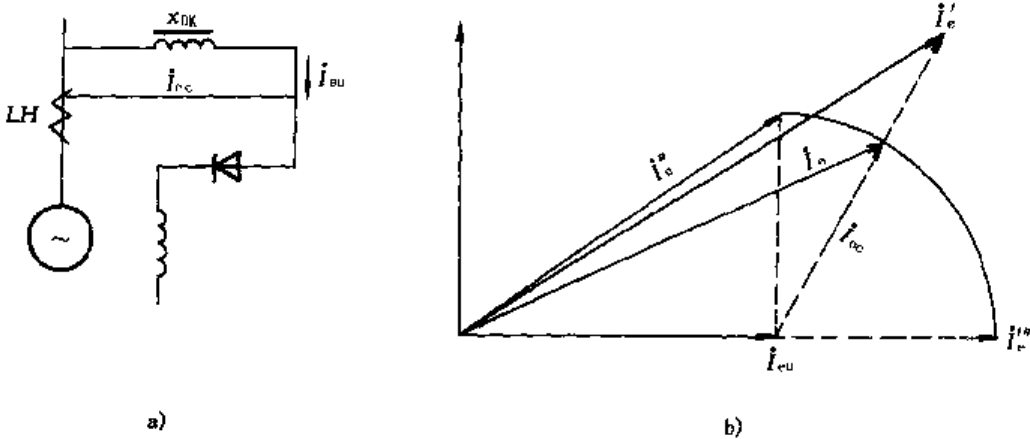


图 7-1 电流叠加型

其自动电压调节过程：

1. 起压过程

当空载起压时，由于发电机剩磁电压，供给激励（自励分量 I_{eu} ）而建立电压，它必须满足自励起压条件，即剩磁电压产生的励磁极性与剩磁极性一致；剩磁有足够的剩磁能量；励磁回路曲线与发电机空载曲线有一个稳定的空载电压交点。

2. 电流复励过程

当发电机负荷增加时（即 I_G 增加到 I'_G 时），由于发电机的电枢反应使得发电机有效磁

通减小（相对于恒定励磁电流而言），势必要造成端电压下降，但是，有了电流复励分量 I_{ec} 变为 I'_{ec} 它与自励分量 I_{eu} 进行矢量叠加，得到激磁电流 I'_e ，这时 $|I'_e|$ 比 $|I_e|$ 增加，即增加了励磁电流，补偿了电枢反应的去磁，使端电压保持基本不变。

3. 相位复励过程

当发电机的负载的性质发生变化时，即从 $\cos\varphi = 1$ 变到 $\cos\varphi = 0$ ，电枢反应去磁作用加强，使发电机有效磁通减小，势必要造成端电压下降，但是，电流复励分量 I_{ec} 与自励分量 I_{eu} 叠加，得到激磁电流 I'_e 也随着 φ 的增加而增加，即增加了励磁电流，补偿了电枢反应的去磁使发电机端电压保持基本不变。其 I_e 相位复励的轨迹见图 7-1b)。

其实际原理接线图，如图 7-2 所示。

(二) 电磁叠加型

这种不可控相复励调压器，不像电流型在交流侧进行直接叠加，它是把自励分量 I_{eu} 和复励分量 I_{ec} 在复励变压器 BF 上进行电磁叠加，其单线原理示意图，如图 7-3 所示。

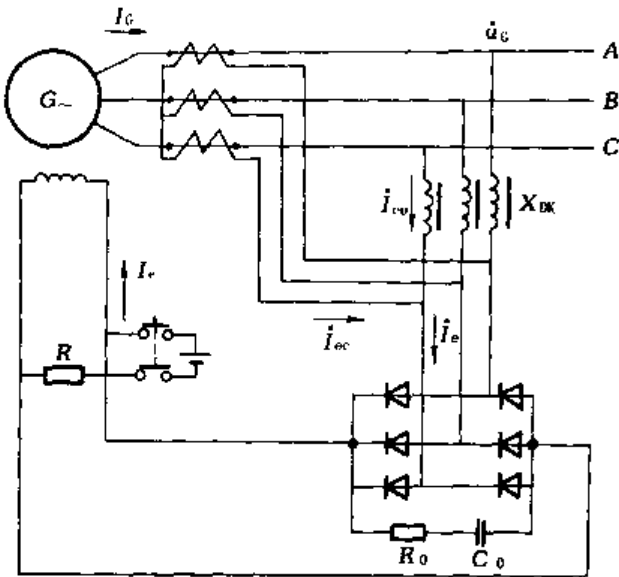


图 7-2 电流叠加复励自励恒压装置原理接线图

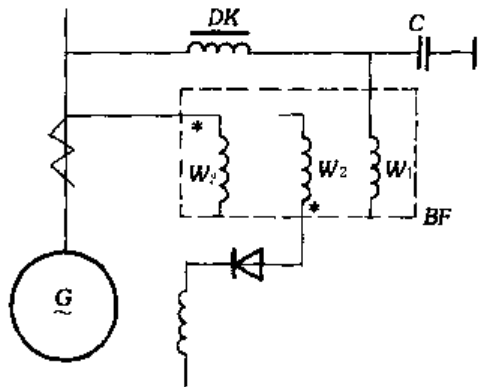


图 7-3 电磁叠加型

它的电流复励和相位复励的原理与电流叠加型的一样，只是利用磁势在复励变压器 BF 上进行叠加，这里就不重述。采用电磁叠加可防止输出与输入有直接电的联系，同时这种调压器能形成谐振起压。在移相电抗器接上电容，使得电容量与移相电抗器构成在接近额定频率 ($f_0 \approx 0.95 f_N$) 谐振，谐振时，电容两端电压比剩磁电压高很多， W_1 绕组加的电压较高， W_2 输出的激磁电压也就高，使得发电机在空载起压时，更加容易，自励更加可靠。

目前采用的电磁叠加的调压器有三绕组和四绕组两种：其三绕组的原理接线图，如图 7-4 所示，它的相复励的作用的矢量图，如图 7-5 所示。

由于三绕组存在一个缺陷，在高功率因数区存在着补偿过剩，而在低功率因数区存在补偿不足，为此，就引了第四个绕组 W_4 ，叫做四绕组谐振式调压器，其原理接线图，如图 7-6 所示。其相复励作用的矢量图，如图 7-7 所示。

将图 7-7 与 7-5 比较，在自励分量 I_{eu} 中，引入 W_4 绕组，改善了三绕组存在的缺陷。但一定要注意：

- (1) 三绕组与四绕组在空载及额定负载、额定功率因数时，端电压要相等；

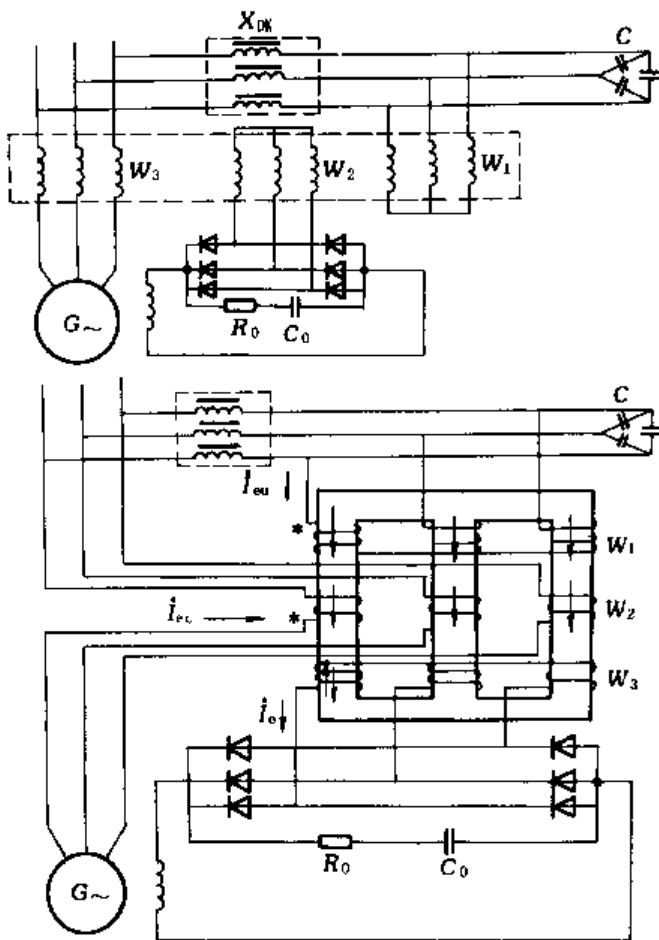


图 7-4 三绕组谐振式相复励自励恒压装置原理接线图

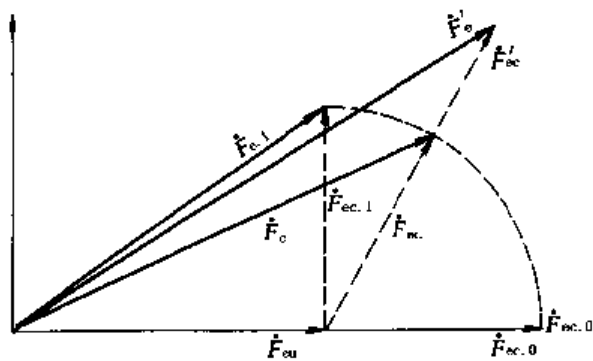


图 7-5 三绕组谐振式相复励的矢量图

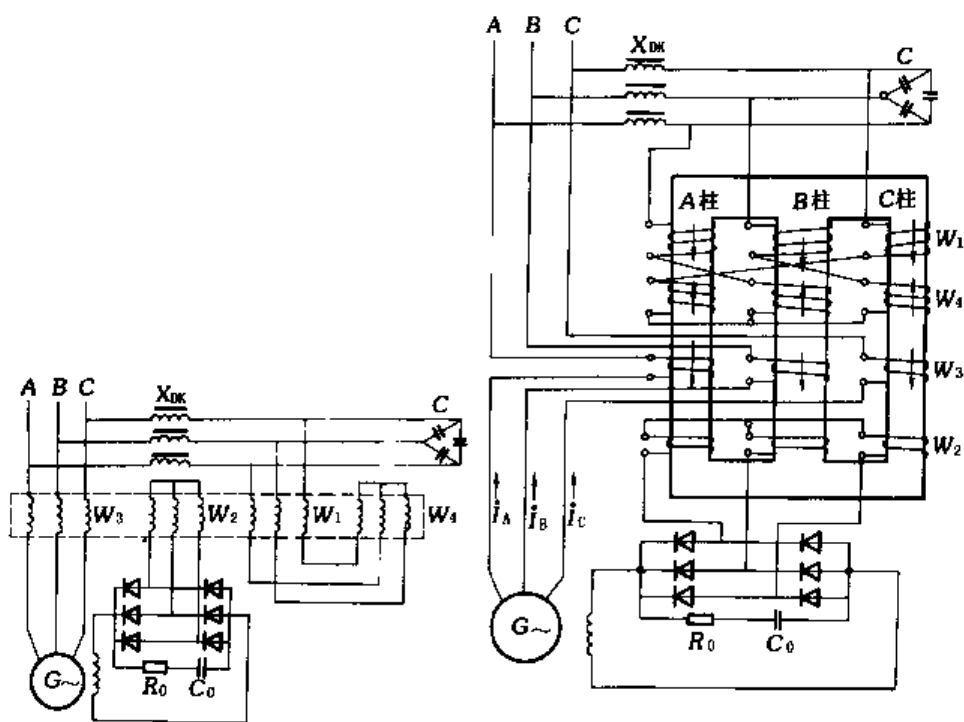


图 7-6 四绕组谐振式调压器原理接线图

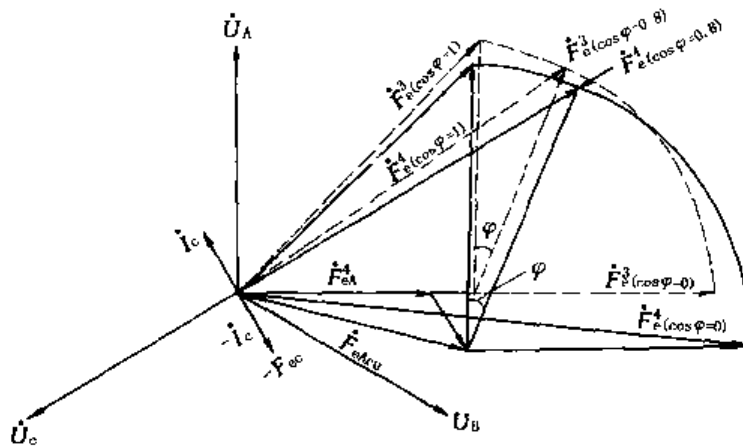


图 7-7 四绕组相复励作用的矢量图

注：为了便于比较，把电流复励分量分开画，实际上，当 $\cos \varphi = 1$ 时，三绕组与四绕组电流复励分量是重叠在一起，在 $\cos \varphi = 0.8$ 时 $|F_A^3| = |F_A^4|$

(2) 绕组接线要正确：① W_4 绕组产生的磁通与本相柱 W_1 所产生磁通方向相反（即接异名端）。否则，失去改善作用，反而比三绕组更加剧“高功率因数过激，低功率因数欠激”缺陷。② W_4 应与超前相的 W_1 相串联。否则，也不能起着改善作用。若与本相 W_1 反相串联，只能减小自励分量，使起压更加困难，若与滞后相 W_1 反相串联，不是把自励分量 F_{eu} 移后一个小角度，而是比三绕组超前一个小角度，反而加剧了“高功率因数过激，低功率因数欠激”的缺陷，造成调压精度降低。

(三) 同步发电机与不可控相复励调压器配合发电系统常见故障检修

由于这种调压器元件比较少，线路简单，故障检修也比较容易。它们常见的故障和处理方法见表 7-2。

发电机和不可控相复励调压器常见故障和检修方法

表 7-2

故障现象	故障原因	处理方法
发电机转速已达到额定值，但不能建立起电压	1. 没有剩磁或剩磁能量不足 2. 励磁回路开路 3. 集电环锈蚀，发黑、电刷弹力不足等，造成接触电阻大 4. 电刷卡在握中或刷辫线断开 5. 线性移相电抗器无气隙或气隙太小，形成电抗 X_{DK} 增大，破坏了谐振，不能谐振起压，同时也减小自励分量 6. 调压器整流二极管被击穿，形成输出短路 7. 调压器整流元件断路 8. 接线错误 9. 发电机剩磁电压与整流器输出电压极性相反 10. 移相电抗器、谐振电容器和相复励变压器之间的连接断开 11. W_1、W_2 绕组开路 12. 谐振电容器短路	1. 用外电源进行充磁 2. 检查从整流器至励磁绕组的连接是否有松动或断线，励磁绕组本身是否断线 3. 用“00”号细砂布打磨集电环，清洁、调整电刷压力 4. 检查、修理电刷、刷握及刷辫 5. 调整气隙到适当大小 6. 检查、更换击穿的整流二极管，注意应检查每一个整流元件 7. 检查、更换断路的整流二极管 8. 认真检查接线，更正接错的地方 9. 调换励磁绕组的连接 10. 检查连线，重新接好 11. 检查、修理或更新绕组 12. 更换电容器

续上表

故障现象	故障原因	处理方法
发电机电压低于额定电压	1. 移相电抗器气隙太小, 造成自励分量减少 2. 移相电抗器、整流器或相复励变压器有一相开路 3. 整定分流电阻太小, 引起分流分量太大, 造成电压下降 4. 转速太低 5. 发电机励磁绕组有断路或局部匝间短路 6. 移相电抗器或相复励变压器抽头有变动 7. 电压表有误差	1. 调整增大气隙 2. 检查三者之间接线是否有松动或断线, 本身有无开路故障, 查出后接好紧固或修复 3. 调大整定分流电阻 4. 提高转速到额定值, 并校核频率 5. 检查励磁绕组, 修复或换新 6. 检查并校核电压, 重新进行抽头接线 7. 校对电压表
发电机电压高于额定电压	1. 移相电抗器气隙太大, 自励分量增加 2. 整定电阻的滑动触头烧坏, 锈蚀、接触不良, 或电阻烧断 3. 移相电抗器、相复励变压器抽头变动 4. 电压表有误差	1. 按需要调小气隙 2. 检查、修复或更新电阻 3. 按需要重新进行抽头接线 4. 校正电压表
发电机在运行中突然不发电	1. 整流器击穿 2. 励磁回路开路 3. 电刷卡住在刷握中或刷辫线断开 4. 移相电抗器铁心松动, 以致气隙减小, 自励分量减小, 使端电压下降, 失压保护而跳闸 5. 电抗器或相复励变压器线圈短路 6. 谐振电容器被击穿 7. 当负载比较重时, 整流器、相复励变压器有一相开路, 形成欠压	1. 检查硅整流器, 更换击穿的整流元件 2. 检查从整流器至励磁绕组的连线是否松动或断线, 励磁绕组是否开路 3. 检查、修理电刷、刷握及刷辫 4. 将电抗器气隙调到所要求的数值, 并紧固铁心 5. 检查、修理或换新线圈 6. 更换击穿的电容 7. 检查整流器, 相复励变压器, 更换或修复
当负载增加时, 发电机电压大幅度下降	1. 移相电抗器、整流器、相复励变压器有一相开路 2. 整流器中有开路或有二极管开路 3. 相复励变压器的电流绕组和电压绕组极性不一致 4. 原动机的调速器性能不良, 造成转速下降 5. 定子铁心有位移	1. 检查三者之间连线有否断开, 整流器是否一相有断路, 修复或更换开路二极管 2. 检查整流器及连线, 使其接通或更换二极管 3. 调换电流绕组或电压绕组, 使他们二者的极性能一致 4. 检修调速器 5. 将铁心调回原位, 固定好
发电机过热	1. 长期过载 2. 励磁绕组或定子绕组短路 3. 三相负载不平衡 4. 定、转子相擦 5. 通风道受阻	1. 观察发电机输出电流及功率, 并将其控制在额定值以下 2. 检查发电机定、转子绕组, 并修复短路的绕组 3. 检查是否有单相大功率负载, 发电机是否单相运行 4. 检查发电机轴承和转轴、转子铁心有否松动 5. 清洁通风道, 更换空气过滤网
轴承过热	1. 轴承磨损严重 2. 润滑油(脂)太多、太少或变质 3. 电机端盖或轴承盖装配不当 4. 发电机组装配不良 5. 转轴弯曲	1. 更换轴承 2. 检查、加油或换油, 润滑油量不得超过轴承室空间的 2/3 3. 重新安装好 4. 重新找正安装 5. 校正转轴

二、发电机与可控硅励磁装置配合的发电系统常见故障检修

随着电子技术的发展和船舶用电设备对船舶电站供电品质要求越严格, 为了克服不可控相复调压器控制精度不高, 在 70 年代就引入可控硅励磁装置, 它具有体积小, 重量轻、能耗小等特点。

(一) 可控硅励磁装置的基本工作原理

可控硅励磁装置的系统工作原理示意图,如图 7-8 所示。该励磁装置由三大部分组成:①测量比较电路,②同步移相触发控制电路,③可控硅主电路。

其工作过程:

由测量电路,把发电机的强电通过电压互感器变为了低电压的交流信号,通过整流滤波获得直流电压信号, $U_{G-} = K|\dot{U}_G|$, U_{G-} 通过比较 ($\Delta U_K = U_{GN} - U_{G-}$), 得到一个偏离额定电压的误差信号,

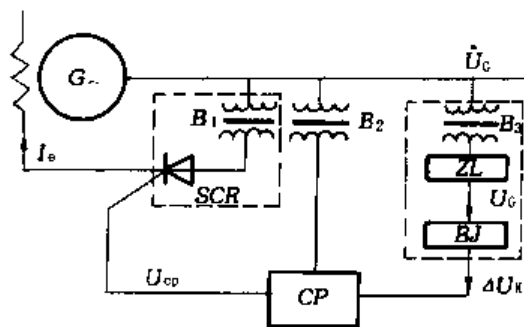


图 7-8 可控硅励磁装置原理示意图

ΔU_K , 由 ΔU_K 来控制触发电路, 使触发脉冲前移 ($\Delta U_K > 0$) 或后移 ($\Delta U_K < 0$), 使可控硅 SCR 的导通角 θ 增加或减小, 来改变同步发电机的励磁电流, 从而调节发电机的端电压。以上过程可做如下简述:

当发电机电压 $U_G \downarrow \rightarrow$ 控制电压 $\Delta U_K \uparrow \rightarrow$ 触发脉冲 $U_{\alpha f}$ 前移 $\rightarrow \theta \uparrow \rightarrow$
 $U_G \uparrow$ (恒压) $\leftarrow I_e \uparrow$

反之:

当发电机端电压 $U_G \uparrow \rightarrow$ 控制电压 $\Delta U_K \downarrow \rightarrow$ 触发脉冲 $U_{\alpha f}$ 后移 $\rightarrow$
 发电机端电压 $U_G \downarrow$ (恒压) $\leftarrow I_e \downarrow \rightarrow \theta \downarrow$

(二) 同步发电机与可控硅励磁装置配合发电系统的故障检修方法

由于实现测量、比较、触发控制功能的具体电路很多, 给维修人员带来了一定的困难。但是, 维修人员必须在电路原理图上和实物上找到实现以上功能的元件, 然后, 按工作过程来检查哪一个环节电路不能实现自己应有的功能, 这样就可找到故障点或故障元件。因此, 归纳检修该发电系统的方法, 见表 7-3。

同步发电机与可控硅励磁装置配合发电系统常见故障检修方法

表 7-3

故障现象	故障原因	处理方法
发电机转速为 n_N , 但不能建立电压	1. 无剩磁 2. 励磁回路开路 3. SCR 被击穿或开路 4. 控制起压电路故障	1. 用外电源进行充磁 2. 检查从整流器 SCR 到励磁绕组的连接是否松动、断路, 励磁绕组本身是否断路 3. 检查、更换击穿或开路元件 4. 检查起压电路
发电机电压低于额定电压	1. 检测回路故障 2. 比较回路故障 3. 触发控制回路, 触发脉冲后移 4. SCR 有开路 5. 转速太低	1. 检查检测回路输出电压 2. 检查比较回路输出电压 3. 用示波器检查脉冲与输入电压关系是否正确 4. 检查 SCR 工作状态 5. 提高转速到额定值, 并校核频率
发电机电压高于额定电压	1. 检测回路故障 2. 比较回路故障 3. 触发控制回路, 触发脉冲前移	1. 检查检测信号输出回路 2. 检查比较回路输出电压 3. 用示波器检查脉冲与输入电压是否正确

故障现象	故障原因	处理方法
发电机在运行中突然不发电	1. SCR 击穿 2. 励磁回路开路 3. 无触发脉冲 4. 灭磁控制回路故障	1. 检查 SCR 2. 检查从 SCR 到励磁绕组的连接是否松动、开路, 励磁绕组本身是否存在开路故障 3. 检查触发控制电路 4. 检查灭磁控制电路
当负载增加时, 发电机电压大幅度下降	1. SCR 有一相开路 2. 有一相 SCR 无触发脉冲 3. 原动机调速性能不良 4. 定子铁心有位移	1. 检查 SCR 是否开路 2. 检查触发控制电路 3. 检修调速器 4. 将铁心调回原位, 固定好

为了更加具体说明该系统常见故障检修方法, 这里举二个实际线路来讨论。

例一 TUR 型调压器的发电系统。

TUR 型调压器的发电系统原理接线图, 如图 7-9 所示。我们先找出实现测量、比较、触发、起压等功能电路, 然后, 按表 7-2 的故障讨论具体检修方法。

1. 测量回路

发电机电压 U_G , 通过测量变压器 27, 接成 $\Delta/\Delta-12$ 和 $\Delta/Y-11$, 接到六相整流器 26 上。26 输出直流电压, 经滤波电抗 25, 供给双稳压管直流比较桥 24 进行偏差检测, 比较电路的输出与发电机端电压输入输出关系, 如图 7-10 所示。在 α 段, ΔU_K 与 U_{GDC} 成正比, 称为起压段, 在 ab 段 ΔU_K 与 U_{GDC} 成反比, 称为稳压段, 额定工作点 N 在 ab 段上, 转折点是稳压管击穿所致。25 是一低通滤波器, 由于其 $X_L = 2\pi fL$, 故将限制 600Hz 和其他高频电流通过。如当 U_{GDC} 下降时, 则由测量桥式比较电路输出的控制电压 ΔU_K 将增大; 反之亦是。调整电位器 31 和 32, 可整定发电机端电压。

2. 同步移相触发控制回路

同步电源变压器 19 原边接发电机相电压 U_{W0} , 副边有两个输出绕组 43~45 和 41~42。41~42 的输出电压, 经移相电抗器 18 移相 90° 的电流在调制电阻 17 上产生压降 U_{17} 。而 U_{17} 分别给两个三极管 13 轮流加上交流控制的正负偏压。43~45 的输出, 经 21 单相全波整流、稳压管 22 稳压削波为梯形波, 通过二极管 14、三极管 13, 加在脉冲变压器 11 原绕 W_1 上。由测量回路输出的控制电压 ΔU_K , 经二极管 14、电阻 16、17、28, 给 13 加上直流控制的正向偏压。13、11 在 U_{17} 和 ΔU_K 共同作用下加偏压 U_{cb} 控制 13 的导通来实现触发脉冲的移相, 通过阻塞振荡器 13、11 发出触发脉冲。当 ΔU_K 增加时, 由 11 的 W_3 绕组输出的振荡方波触发电压 U_{CF} 将前移; 反之, 当 U_K 减小时, U_{CF} 将后移。

3. 主回路

由图 7-9 可见, 由发电机相电压 U_{W0} , 经限流及滤波电抗器 5, 单相桥式半控整流器 1、2 和 1'、2', 起压电流继电器 4, 给发电机励磁绕组供电。

电抗器 5 的作用是限制整流回路中电流上升的陡度, 防止 SCR 误导通, 因 SCR 在一定的电流上升率下会自导通。高频滤波, 抑制无线电波干扰。

由触发控制回路输出的触发脉冲 U_{CF} , 加在可控硅 1、1' 的控制极上, 使可控硅导通。由图 7-9 可见, 两个三极管 13、13' 相隔 180° 通过 11 发出触发脉冲 U_{CF} , 使 1、1' 分别轮流相隔 180° 开始导通。当 ΔU_K 从负值到正值变化时可控制 U_{CF} 在 $0 \sim 180^\circ$ 内移相。1 和 1' 最小

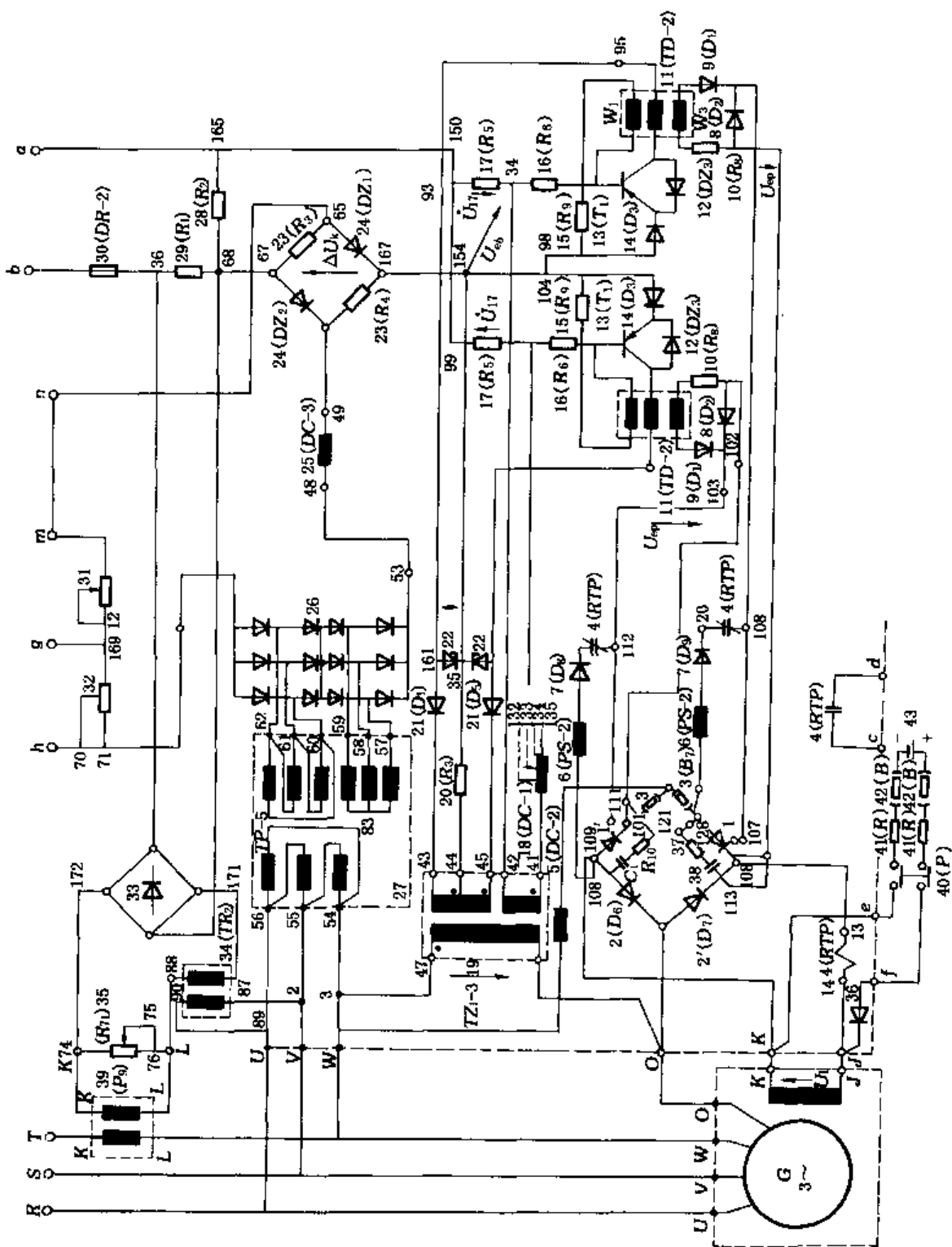


图 7-9 TUR 型可控硅自励恒压装置原理接线图

导通角 θ 为 0° ，最大导通角 θ 为 180° 。设计时使额定负载时 $\theta = 90^\circ$ ，因此强励倍数 $K_q = 2$ 。

在可控硅回路中，设有过电压阻容保护 37、38；过电流保护快速熔断器 3；二极管 2，2' 同时做续流二极管。

综上所述，该装置的调压动作原理可简述如下：

$U_G \downarrow \rightarrow$ 测量桥输出控制电压 $\Delta U_K \uparrow \rightarrow$ 交直流叠加控制电压 $(\dot{U}_{17} + \Delta U_K) \uparrow \rightarrow$ 13 提前导通 $\rightarrow$ 振荡方波脉冲电压 U_{CF} 前移 $\rightarrow$ 可控硅导通 $\theta \uparrow \rightarrow$ 励磁电压 $U_1 \uparrow \rightarrow$ 励磁电流 $I_e \uparrow \rightarrow U_G \uparrow$ 。反之， $U_G \uparrow \rightarrow \Delta U_K \downarrow \rightarrow$ 13 滞后导通 $\rightarrow U_{CF}$ 后移 $\rightarrow I_e \downarrow \rightarrow U_G \downarrow$ 。

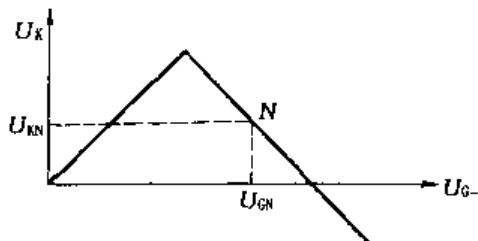


图 7-10 比较电路输入输出特性

4. 起压及充磁回路

由图 7-9 可见，装置设有起压回路。当起压时， U_{W0} 通过 5、6、7 及 4 的常闭触点，给 1 和 1' 加触发电压，使 1 和 1' 全导通，从而进行起压。当起压达一定电压，即有一定 I_1 时，则 4 动作，其常闭触点断开。以后由触发控制回路输出的 U_{CF} 进行调压。

该装置还设有充磁回路。当剩磁不足时，通过充磁按钮，由蓄电池经限流电阻 41、止回二极管 36 进行充磁。

5. 无功功率自动分配回路

由图 7-9 可见，由电流互感器 39 和变压器 34 测得的无功功率信号，经 33 整流后，在电阻 29 上转换成直流电压 U_{29} 。故 U_{29} 与发电机的无功功率成正比。

当发电机并联运行时，调压器的 a、b 点将通过主开关的辅助触点对应联接。若无功功率分配不均衡时，则其 U_{29} 将不等，因而出现环流。环流通过电阻 28 产生压降 U_{28} 。 U_{28} 去控制 U_{CF} 移相，调整 I_e ，以使并联运行发电机间无功功率分配均衡。

故障检修方法：

1. 发电机转速为 n_N ，但不能建立电压

发生这种故障，首先按下充磁按钮，若能起压到额定值 U_N ，说明发电机无剩磁或剩磁能量不足。若能起压，但按钮一放，端电压又变为 0。说明发电机的励磁回路是好的，故障出在起压电路和可控硅主电路，这时，应检查起压电流继电器 4 的常闭触点是否闭合好，限流电抗 6 和整流二极管是否断路；限流电抗器 5 是否有断路，整流桥的二极管 2、2' 和可控硅 1、1' 是否存在开路故障。若充电也没有电压，可能充电回路失效，或发电机本身不能建立电压，或整流桥的整流元件击穿。这时，由于本装置没有灭磁环节，在停机过程中，常常造成 SCR 过流而烧坏。应首先检查 SCR 和整流二极管是否击穿形成短路，使之无法充磁和起压。然后检查充磁回路；发电机励磁回路是否有开路，励磁线圈开路，电刷卡住在刷握上，电刷辫断开；电刷与滑环接触不良，这时应清洗滑环；紧固各紧固点。

2. 发电机端电压低于额定电压

发生这种故障时，首先调节电压电位器 31、32，看发电机端电压是否有变化，若有变化，说明调节电压电位器的电阻取得太小，造成加入比较桥的信号变大，而使比较桥输出 ΔU_K 变小，使触发脉冲后移，发电机的励磁电流变小，而造成这种故障，这时，只需调节电压电位器，使发电机的端电压在额定值。若 17、28 的电阻值变大，就会造成端电压下降。

若触发电路只有单边工作，对应的一个可控硅 SCR 没有触发脉冲或有一个 SCR 触发不能导通（开路故障），主电路全波整流变为半波整流，也会造成端电压下降，当然，原动机

转速太低,即使 SCR 全导通,也会造成端电压下降,为此,这时就得分别检测触发脉冲的波形和可控硅两端的波形。

3. 发电机端电压高于额定值

造成这种故障的主要原因是:调节电压电位器的电阻值变大,压降太大,加到比较桥的信号变小,比较桥的输出电压 ΔU_K 变大,励磁电流变大,造成端电压上升,所以调节电位器阻值,使发电机端电压回到 U_N 。若 17、28 的电阻值变小,也会使 T_1 和 T_2 导通提前,触发脉冲前移,形成端电压上升。

4. 发电机在运行中,突然不发电

发生这种故障时,先进行充磁发电,若不能发电,说明发电机本身激磁电路、激磁线圈有开路故障。应检查之。若能发出电,说明大多是主电路的可控硅 SCR 击穿造成,或者触发器停止工作。这时,首先检查整流主电路的可控硅 SCR 和整流二极管是否有击穿,然后,检查触发电路工作电源 43、44、45 是否有输出;交流分量的 41、42 是否有输出,以及阻塞振荡器的各个元件是否正常。

5. 当负载增加时,发电机电压大幅度下降

发生这种故障,说明电机在空载或轻载时,激磁电流的调节环节能够维持端电压在额定值,负载增加时,激磁电流无法补偿电枢反应,造成端电压下降。显然,若整流主回路桥式全波变为半波(即有一个整流元件开路),或触发器只有半边工作,另一半波没有输出触发脉冲。所以,此时,只需检查整流二极管 2、2' 和可控硅 1、1' 是否存在开路故障,用示波器检查那一半波没有触发脉冲,这时,应检查故障触发器的有关元件和电源。

例二 国产 T₂H 系列半导体调压器发电系统故障检修方法。

T₂H 系列半导体调压器发电系统线路原理图,如图 7-11 所示。

由图 7-11 可见,它也是由测量比较电路、移相触发控制电路和桥式半控全波整流主电路组成。下面我们分析各电路作用。

1. 测量比较电路

测量比较电路由测量、滤波和比较三个环节组成。发电机输出端电压通过变压器降压后,和无功分量在 R_{65} 上电压信号叠加,得到反应发电机端电压和发电机无功功率的交流电压信号,通过桥式整流和 R_1 、 R_{61} 、 C_1 组成滤波电路滤波,滤波后的直流电压经电压整定电阻 R_{62} 再供给桥式比较电路进行偏差检测。其输入输出关系,同 TUR 型一样。其中 ΔU_K 二极管 Z_1 、 Z_2 起温度补偿作用。

2. 移相触发控制电路

它是由单结晶体管触发电路组成。它的控制移相原理是: ΔU_K 控制 BG_1 的导通程度来改变 C_5 的充电电流,从而改变单结晶体管的导通时刻,以达到 R_8 上的触发脉冲前移或后移。比如说 ΔU_K 增加时, BG_1 导通电流增加, C_5 充到单结晶体管峰值电压时间提前,单结晶体管提前导通, R_8 就有脉冲电压,通过 BG_3 和 BM 放大,输出给脉冲分配器,分别去触发 SCR。

3. 附加电路

①充磁电路:为了帮助起压。

②过压保护电路:当发电机端电压超过整定保护值时, BG_2 导通,使 C_5 充电不上电压,无脉冲输出,SCR 就不能触发导通,没有激磁电流,主开关失压脱扣跳闸。

③灭磁按钮:当发电机停机时,发电机的原动机转速下降,造成发电机电压下降,调压

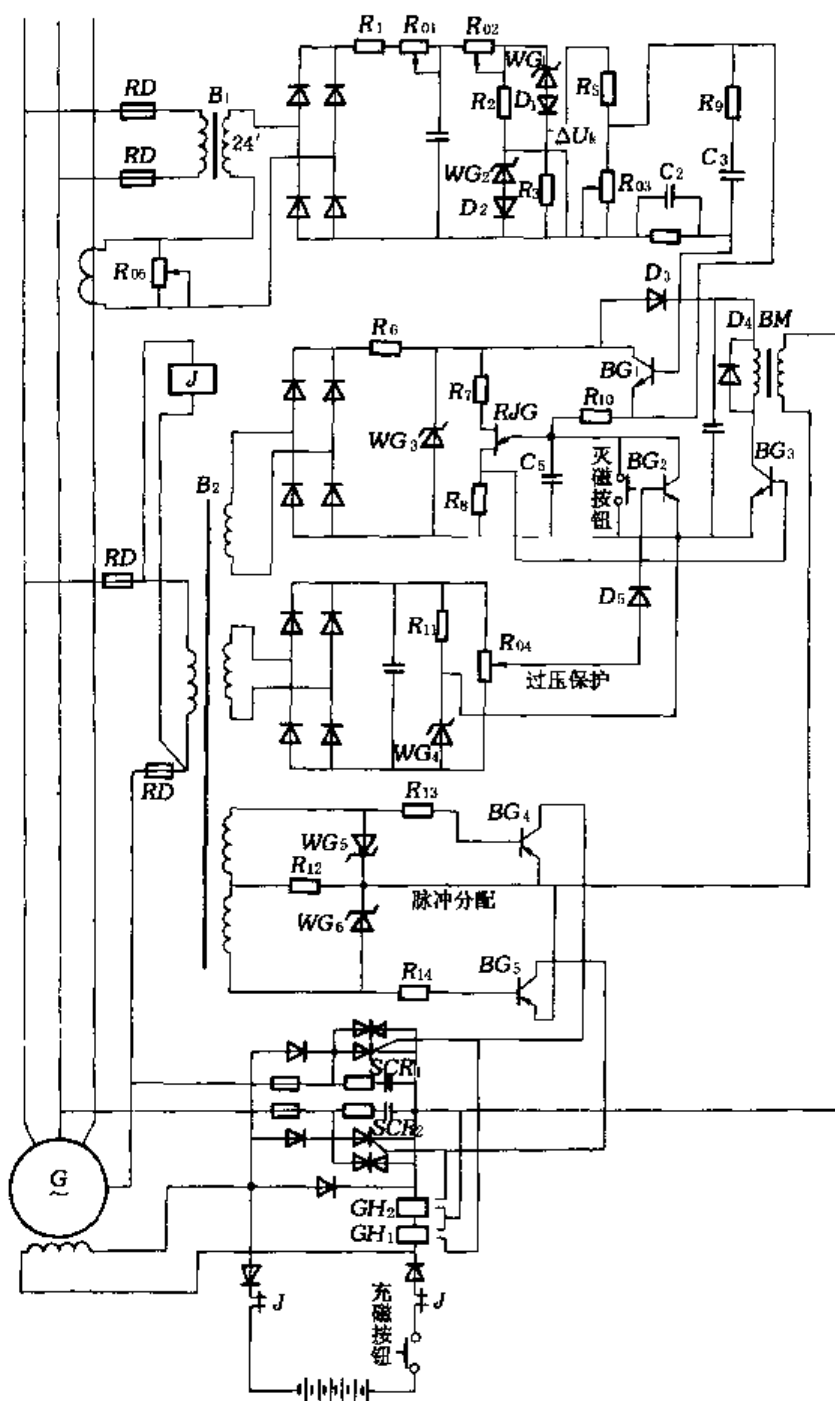


图 7-11 T₂H 系列半导体调压发电系统线路原理图

器就会输出更大激磁电流，易造成 SCR 过流而击穿。为此，在停机时，按下此按钮，短接 C₅，使无脉冲输出。

该系统的调节过程：

当发电机起动至额定转速时，按下充磁按钮，使发电机起压，建立电压后，电压继电器 J 动作，切降充磁回路。当发电机端电压偏低时，测量变压器输出电压下降，通过整流，比较电路输出的 ΔU_K 增加，使 BG₁ 导通的电流增大，发出脉冲时间提前，经脉冲放大后，作用于可控硅 SCR₁（正半波）、SCR₂（负半波），使 SCR 导通角 θ 增大，励磁电流增加，发电机端电压上升（起动恒压作用）。反之，当发电机电压偏高时，经反方向调节，使励磁电

流减小,发电机电压下降(恒压)。

故障检修方法:

1. 发电机转速为额定转速,不能建立电压

这种故障,应检查充磁回路,即:电压继电器J的常闭触点是否闭合好,隔离二极管是否开路,充磁电池是否完好,然后,检查发电机本身激磁回路,碳刷是否接触良好,滑环是否有腐蚀、氧化物及不良导电物,激磁线圈是否开路。还有,整流桥的整流元件击穿和续流保护二极管击穿等等,也不能建立电压。

2. 发电机电压偏低

这时,首先调节 R_{62} 和 R_{63} ,若发电机电压有变化,但仍然太低,应更换 BG_1 ,取一个放大倍数比较大的管子,同时,检查 C_5 是否变质,泄漏电流是否过大。比较桥元件的参数发生变化,也会造成端电压低。

3. 发电机电压偏高

这时,首先调节 R_{62} 和 R_{63} ,然后,检查 ΔU_K 后的滤波网路各元件参数和 R_{10} 是否变小。

4. 发电机在运行中突然不发电

发生这种故障,首先检查激磁主回路,如激磁线圈是否开路,调压器到电刷之间连接线是否开路,整流器的二极管,可控硅是否击穿短路等,最后,检查触发器是否停止振荡,应检查元件,工作电源。

5. 当发电机负载增加时,发电机端电压大幅度下降

这时,应检查激磁主回路的整流桥是否有一个桥臂整流元件开路,或脉冲分配器中正半波或负半波单元失效,失去开关作用。

总之,可控硅调压器线路多种多样,故障现象也是五花八门,所以,作为维修人员把被检修的调压器线路原理,元件的作用等作到心中有数,再通过故障现象和电子设备故障分析法来分析故障原因或故障元件,这样,才能有效地快速地排除故障。

三、同步发电机与可控相复励调压装置配合发电系统故障检修方法

(一) 可控相复励调压装置基本工作原理

同步发电机在励磁恒压时,端电压是随负荷的大小和性质变化而变化,不可控相复励调压器,就引入了负荷的电流进行相复励及时地补偿了电枢反应。所以,它具有动态特性好的特点,但是,它属于开环调节,它的调节精度不够高,只能在 $\pm 2\% \sim \pm 5\%$ 之间。而可控硅调压器,它属于闭环调节,调节精度高,可达到 $\pm 1\%$ 以上,但是,它的动态特性比较差,是因为发电机的负荷变化后,通过电磁作用之后,发电机的端电压才发生变化,可控硅调压器才感受到发电机电压偏离给定值,才能给出调节可控硅导通角的信号,才使激磁电流变化,不像不可控相复调压器那样,电流一变化,激磁电流也随之变化,很及时。为此,把这两种调压方案进行组合,就形成可控相复励调压器,它既有像不可控相复调压器具有动态特性好,又有像可控硅调压器那样高的静态调节精度。因此,它是由这两大部分组成:相复励恒压装置和电压校正器(AVR)。根据电压校正器接入的方式,可分为交流侧分流,直流侧分流和改变相复变压器的磁导率来改变其变比。

1. 控制交流侧分流

图 7-12 是电压校正器的输出信号控制励磁旁路饱和电抗器的磁化程度,以改变饱和电

抗器的电抗值,使分流的电流变化,从而改变发电机励磁,达到校正发电机电压的目的。

2. 控制直流侧分流

图 7-13 是电压校正器的输出信号控制分流可控硅 SCR 的导通角,来改变直流侧分流大小,从而改变发电机励磁电流,达到校正发电机电压的目的。

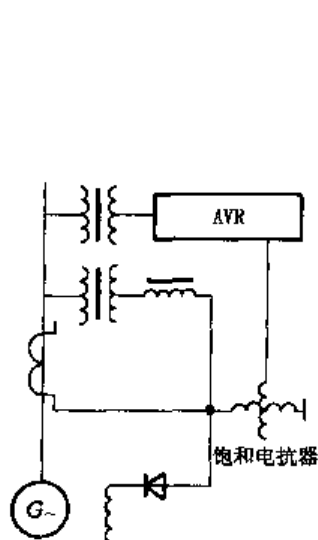


图 7-12 AVR 控制交流侧分流示意图

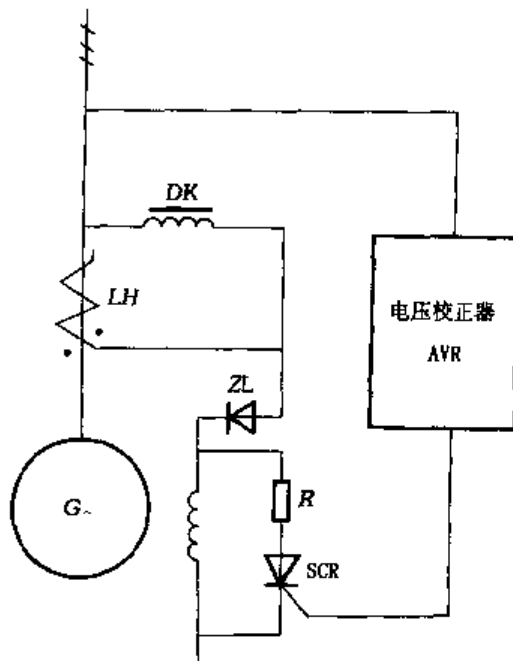


图 7-13 AVR 控制直流侧分流示意图

3. 控制相复励变压器变比

图 7-14 是电压校正器的输出信号控制相复励变压器（或电流互感器）的磁化程度,使变压器（或互感器）的变比改变,使输出绕组 W_2 的激磁电压改变,改变发电机的励磁电流,以达到校正发电机电压的目的。

（二）故障检修方法

该系统发生故障,首先要区分故障是属于动态特性故障,如不能建立,突然不发电;还是静态特性故障,如发电机电压偏高或偏低。若属于动态特性的故障,就应检查相复励自励恒压部分;若属于静态特性故障,就应检查电压校正器。电压校正器与可控硅调压器相似,它也有测量比较电路、控制触发电路和可控硅整流主电路组成,所以,该系统发生故障,都可参照一、二两部分来检修方法来检修。下面举二个具体线路讨论其检修方法。

例一 TZ-F 型可控相复励自励恒压发电系统

工作过程

TZ-F 型可控相复励自励恒压发电系统线路原理图,如图 7-15 所示。它是属于直流侧分流型。相复励部分是电磁叠加四绕组调压器,电压校正器部分是由测量比较电路和分流控制触发电路等组成。

电压校正器的工作原理:

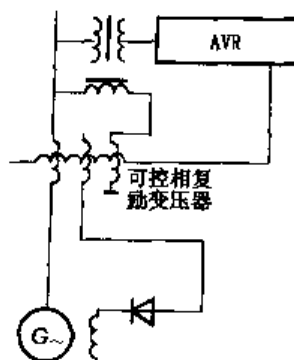


图 7-14 AVR 控制相复励变压器的示意图

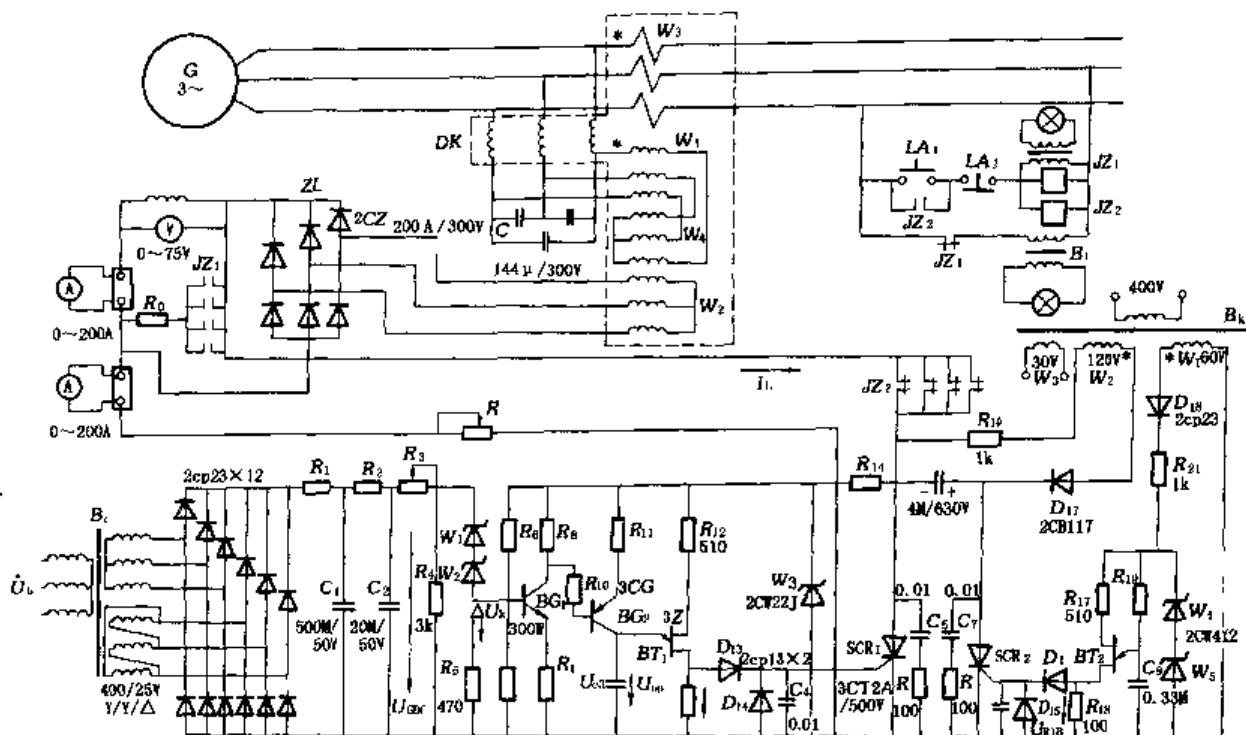


图 7-15 TZ-F 型可控相复励自励恒压发电系统线路原理图

1. 测量比较电路

发电机电压通过变压器 B_C 降压后, 进行六相桥式整流, 获得正比于发电机电压的直流电压信号, 经由滤波网络 R_1 、 R_2 、 C_1 、 C_2 滤波及给定电压电位 R_3 加到比较电路, W_1 、 W_2 、 R_5 中, 由 R_5 取出偏差信号 ΔU_K 。

2. 分流控制触发电路

当 ΔU_K 加在放大器 BG_1 基极上, 经其放大, 倒相 (即 ΔU_K 下降时, BG_1 的输出电位 U_{C1} 偏高, 反之, 亦然)。通过 R_{10} 耦合到移相控制三极管 BG_2 的基极, 控制 BG_2 的导通程度, 从而控制 C_3 的充电电流, 使 C_3 充到单结晶体管峰值电压的时间提前或后移, 当 C_3 充到峰值电压时, BT_1 击穿导通, R_{13} 有脉冲电压, 触发可控硅 SCR_1 , 进行励磁分流。

综上所述, 其调节过程如下:

若 $U_G \downarrow \rightarrow \Delta U_K \downarrow \rightarrow U_{C1} \uparrow \rightarrow BG_2$ 的输出电流减小 $\rightarrow U_{C3}$ 达到 U_{P1} 时间后移 $\rightarrow U_{CF}$ 后移 $\rightarrow SCR_1$ 导通角 θ 变小, 分流的电流减小 (发电机激磁线圈电流增加), 发电机电压上升 (恒压), 反之, 亦然。

3. SCR₁ 的关断电路

由于 SCR_1 是使用在直流电路中，一旦触发导通后，就不能自行关断，所以，应设置 SCR_1 关断电路。在 B_k 电源变压器的 W_1 的电源正半波，单结晶体管 BT_2 振荡器就输出触发脉冲系列，触发 SCR_2 ，使电容 C_6 已充上的电压 U_{C6} 给 SCR_1 加上反向电压，促使 SCR_1 关断。即使 SCR_1 此时有触发脉冲也不能触发导通， B_k 的 W_2 输出电压，经 D_{17} 整流，给 C_6 补充放电消耗电荷，可见分流作用只在负半波进行。

本系统还有切除分流作用环节：按下“切除分流”按钮， JZ_1 和 JZ_2 得电， JZ_2 常闭打开，分流回路切断， JZ_1 的常开闭合，并入电阻 R_0 固定分流，成为不可控相复励调压器。

故障检修方法

1. 发电机不能建立电压

这种故障属于动态特性故障，应检查相复励部分，按“一”中对应故障来检修。

2. 发电机电压低于额定电压

发生这种故障，说明分流的激磁电流太大，造成发电机欠激，这时，应调节 R ，若电压回升，说明分流电阻太小，应调大一些，若调到最大，电压还是低于额定值，调 R_3 ，若电压回升，说明校正器给定值发生变化，若电压不变，分流电流表读数没有变化，说明 SCR_1 失控，就应看 SCR_1 是否在正半波关断，应重点检查关断放电电容量 C_6 是否变质，关断电路中的 SCR_2 是否正常工作，它的 BT_2 单结晶体管振荡器工作是否正常及它们的电源回路是否正常。

3. 发电机电压高于额定电压

这种故障属于静态特性故障，说明直流侧分流走的激磁直流太小，甚至没有分流，所以，此时，先调节 R_3 ，看发电机电压是否回落，分流电流表的读数是否增加，若有变化，说明校正器的触发器和可控硅 SCR_1 工作正常，可能分流电阻太大或测量比较电路故障，这时，应检查整流、滤波、比较器中稳压管和 R_5 。

4. 发电机在运行中突然不发电

这种故障属于动态特性故障，应按“-”的检修方法来进行。

5. 当负载增加时，发电机电压大幅度下降

这也是属于动态特性故障，应按“-”中的负载增加时发电机电压“大幅度下降”的故障检修方法来检修。

例二 CRB 型可控相复励自励恒压发电系统

工作原理：

CRB 型可控相复励自励恒压发电系统的线路原理图，如图 7-16 所示。它属于交流侧分流型，它的相复励部分是采用电流叠加型。校正器输出控制饱和电抗器的饱和程度，以达到控制分流的目的。

校正器工作原理：

校正器的线路的各环节的电路，大家通过以上几个具体线路的阐述，都比较熟悉，不一一阐述，我们看其整个调节过程：

当发电机电压低于额定值时，通过电压检测，滤波获得 $U_{G,DC}$ 下降，通过桥式比较回路，得到的偏差信号 ΔU_K 减小（注意：这时 ΔU_K 的规定方向正好与 TUR 型相反，它的输入输出关系特性曲线，如图 7-17 所示）， Q_1 导通输出电流减小，使移相控制电容器 C_2 充到 U_{JT} 单结晶体管的峰值电压 U_p 时间后移，这样，就使 R_{10} 产生的触发脉冲后移，通过脉冲放大器 Q_2 ，推迟触发 SCR ，即 SCR 的导通角减小，输出 I_μ 减小，这样，使 SRT 饱和程度减小，故其导磁率 μ 上升，因而电感 L 和电抗 X_{SRT} 增加，在励磁电流 I_1 交流侧，分流的电流就减小，发电机的激磁电流就增加，使端电压回升，起着恒压作用。我们把上述过程简述如下：

$U_G \downarrow \rightarrow U_{G,DC} \downarrow \rightarrow \Delta U_K \downarrow \rightarrow Q_1$ 的 I_e 电流 $\downarrow \rightarrow U_{C2}$ 达到 U_p 时间滞后 $\rightarrow U_{JT}$ 脉冲 U_{R10} 后移 $\rightarrow RT$ 发出触发脉冲 U_{CF} 后移 $\rightarrow SCR$ 的导通角 $\theta \downarrow \rightarrow I_\mu \downarrow \rightarrow X_{SRT} \uparrow \rightarrow I_{SRT} \downarrow \rightarrow U_G \uparrow$ （恒压）。

故障检修方法：

与 TZ-F 型一样，首先要分析故障属于静态特性故障，还是动态特性故障。如：发电

AVR电路图

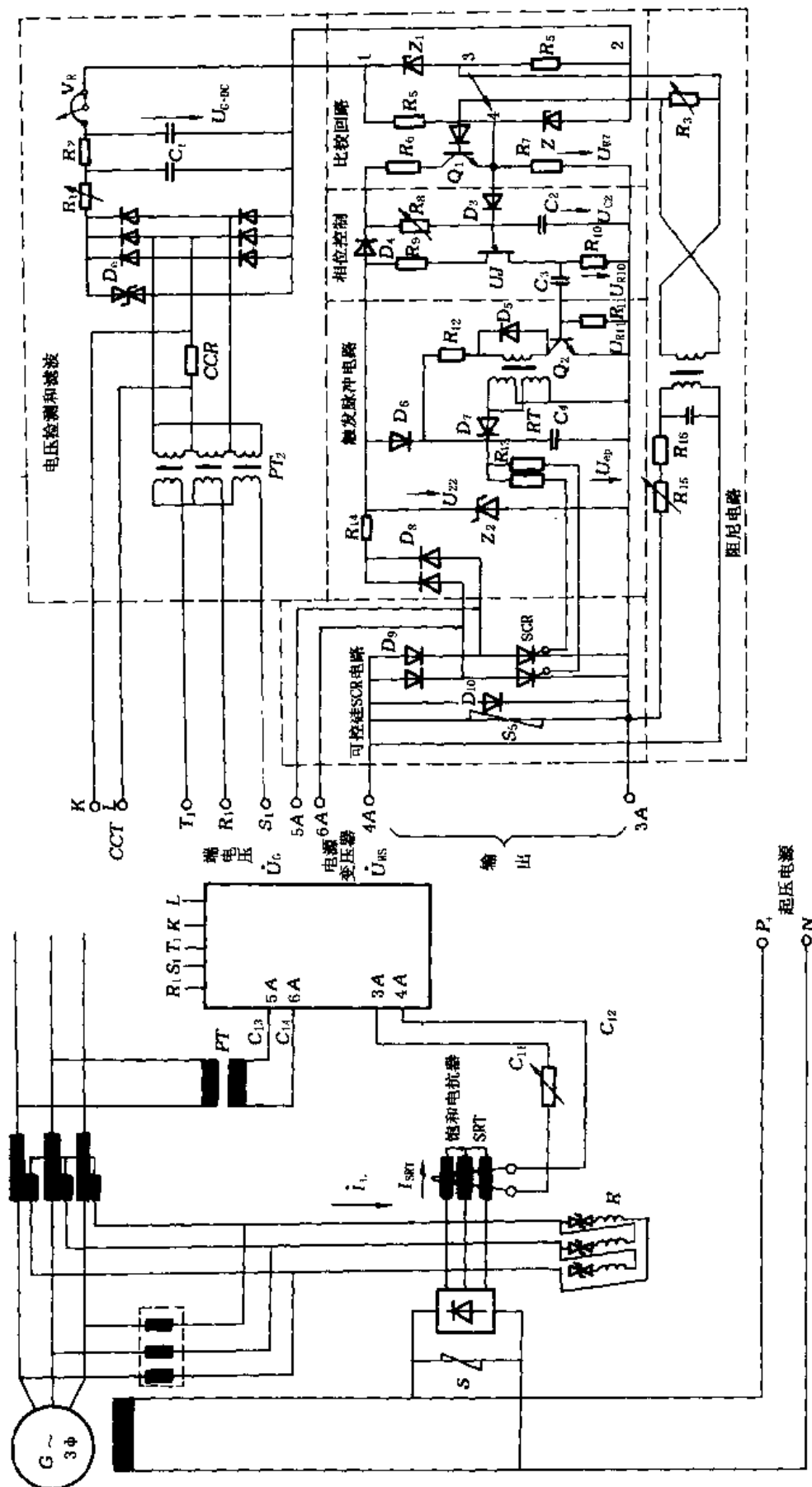


图 7-16 CRB 型可控相励自励恒压发电系统的线路原理图

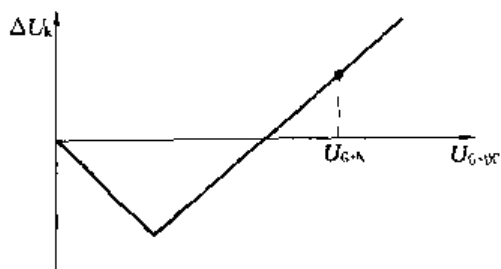


图 7-17 CRB 型 AVR 的比较桥的输入输出特性

机不能建立电压；运行中突然不发电；负载增加时，发电机电压大幅度下降等等，属于动态特性故障，应按“一”的对应故障来检修。对于“发电机电压偏离额定值”等故障，属于静态特性故障，应检查电压校正器 AVR，例如：“发电机电压高于额定值，并且调节电压给定电位器 V_R ，电压没有变化”这种故障说明电压校正器失效，首先检查 SCR 的触发脉冲是否正常，若正常，应检查 SCR 是否能正常触发导通，这些正常，应调节 R_2 ，使 R_2 减小，增加 I_μ ，从而减小饱和电抗器 X_{SRT} ，使分流量增大，使发电机电压下降。若没有触发脉冲，此时，测 R_{10} 上是否有脉冲，若也没有，说明单结晶体管振荡器故障，检查 UJT、 C_2 等元件，若 R_{10} 上有脉冲，应检查脉冲放大器 Q_2 ，脉冲变压器等元件。若是触发脉冲后移，造成分流减小，端电压上升，这时，应检查电压，检测滤波电路是否使获得电压信号变小造成。与正常的发电机组比较，测取有关电位，如 $U_{G,DC}$ 、 ΔU_k 、 U_{R7} 等。最后检查 Q_1 参数是否变化， R_8 电位器触点是否滑动等等。一般限于船上的条件，通常采用整机比较和元件替代法来检修。

四、无刷励磁发电系统常见故障的维修

由于维护管理人员对有刷同步发电机要经常清洁炭粉，调整电刷弹簧压力，清洁滑环，更换电刷等，增加了不少维护工作量，而且很脏。因此，在 70 年代末船上就开始引入无刷同步发电机，经近 20 年的实践、改进、完善，现有建造的船舶都首先选用无刷同步发电机。原理结构示意图，如图 7-18 所示。由图可见，无刷同步发电机省去了电刷和滑环。同步励磁机的定子装励磁绕组，而转子装三相电枢绕组，且与发电机同轴。电枢绕组发出的三相交流电通过旋转整流器供给发电机励磁。发电机的电压经调压器 AVR 和整流器供给同步励磁机励磁。它的调节过程是：当发电机电压下降时，通过调压器 AVR 增加励磁机的励磁电流，使励磁机发出电压上升，通过旋转整流器，增加了发电机的励磁电流，从而使发电机电压回升，起恒压作用。它的调压器都是可控相复励型的，所以，它的故障检修可参照可控复励调压器的检修方法。

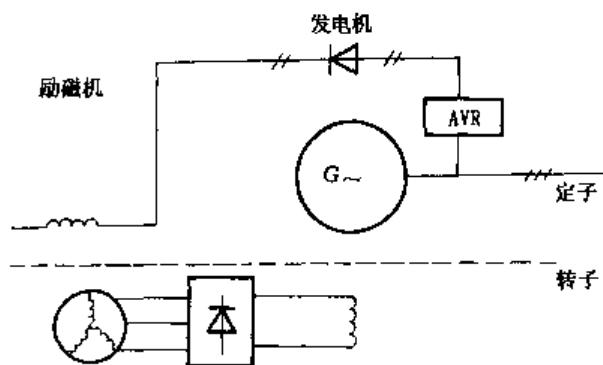


图 7-18 无刷同步发电机原理结构图

下面我们例举几个例子，说明检修方法：

例一 1FC6 型无刷励磁发电系统

1FC6 型无刷励磁发电系统线路原理图，如图 7-19 所示。它由电磁叠加谐振起压三绕组相复励和电压校正器两部分组成。相复励部分的工作原理就不重述。电压校正器线路原理图，如图 7-20 所示。它是控制交流侧分流。

1. 电压校正器工作原理

发电机电压通过接插件 X_1 ($X1/3 \sim X1/5$) 以线电压形式送到电压校正器，经变压器

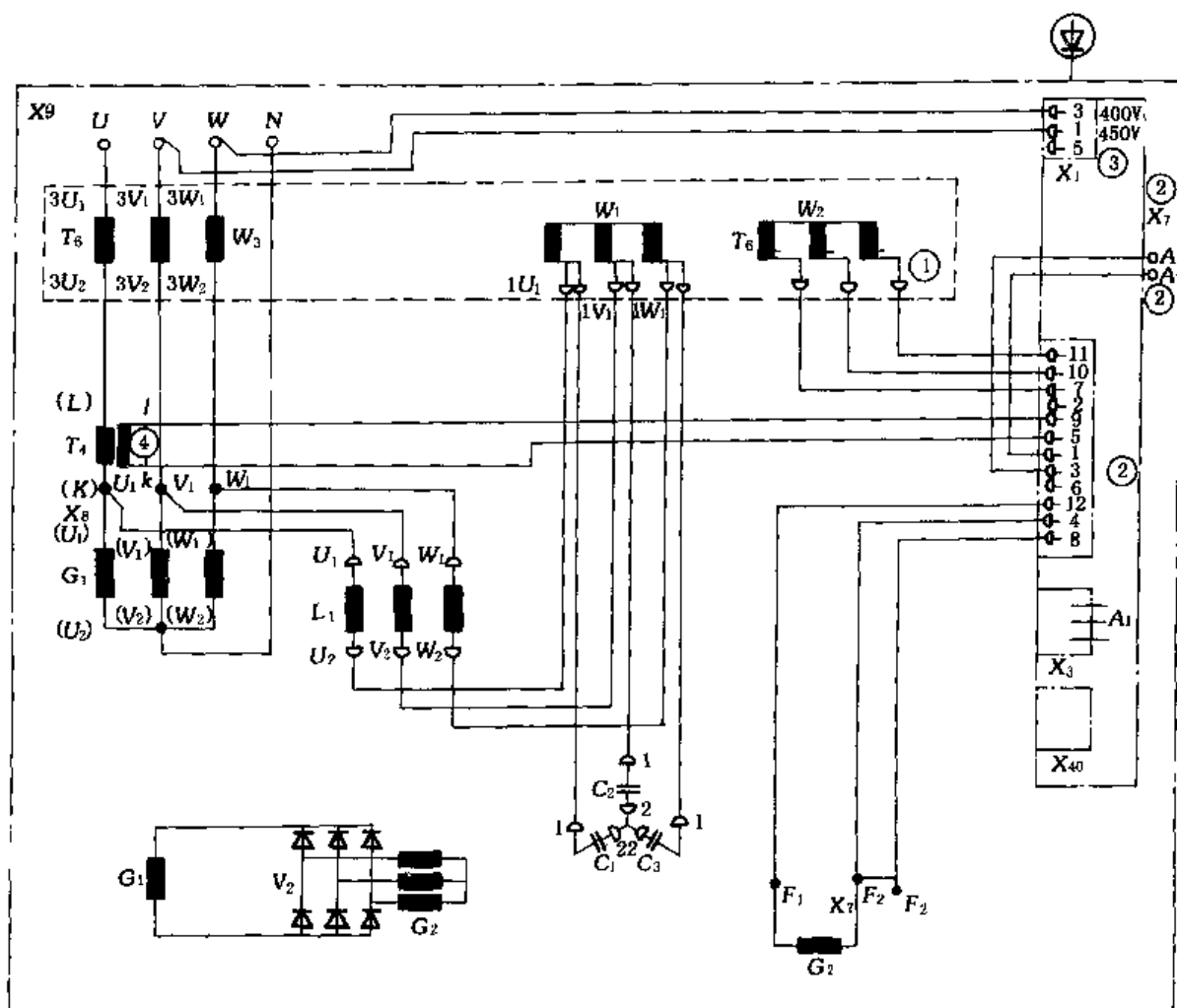


图 7-19 1FC6 型无刷励磁发电系统线路原理图

A1-自动电压调整器 (图 b); L_1 -移相电抗器; $C_1 \sim C_3$ -谐振电容; G_1 -发电机; V_2 -旋转整流器; G_2 -励磁机; T_4 -调差电流互感器; T_6 -相复励变压器

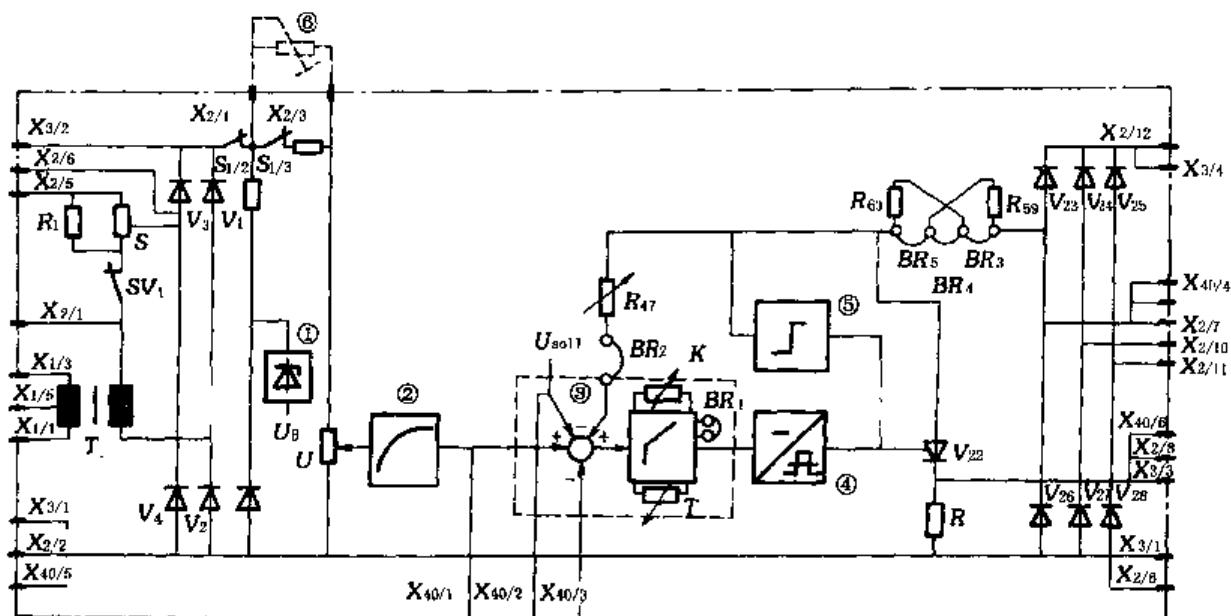


图 7-20 1FC6 型无刷励磁发电系统的电压校正器线路原理图

T_1 降压后与调差电流信号叠加送到桥式整流器, 经整流后, 获得一个反映发电机端电压动态、静态变化的脉动直流电压信号。经过取样电位器 U 和②滤波器, 送到③比较器与 U_{SO1} 给定值进行综合比较, 得到的偏差信号送到 PI 调节器, 调节器的输出控制触发器脉冲相位, 改变可控硅 V_{22} 的导通角, 从而控制分流的大小, 来校正励磁电流, 从而校正发电机电压。

通过分流电阻 R_{59} 、 R_{60} 上铅焊跨接线 $BR_3 \sim BR_5$ 之间不同组合, 变化其分流阻值, 从而获得最佳动态性能。利用 R_{47} 进行分流调节量的负反馈达到校正器的稳定调节性能。

当励磁机的激磁电压太高时, 为了保护旋转整流器, 过压保护环节⑤就输出一系列触发脉冲, 触发可控硅, 使其全导通, 增加分流量, 以降低励磁机的输出电压, 减小发电机端电压, 提高系统可靠性。

调节放大器③中, 比例放大系数可由电位器 K 和跨接线 BR_1 调节, 积分时间常数由电位器 T 调节; 调节外接电位器⑥或取样电位器 U 来调节负反馈量, 从而改变发电机给定电压。

2. 故障检修方法

与可控相复励自励恒压发电系统一样, 首先区别故障是属于动态特性, 还是静态特性, 动态特性故障就得检查相复励部分, 励磁机和旋转整流器, 若是静态特性故障——发电机电压偏离额定值, 这时, 应检查电压校正器, 首先调节外接电位器⑥, 使发电机端电压回到额定值, 若这种调节有效, 但调节量不够, 可调节电位器 U , 若通过这些调节无效, 应检查印刷电路板的整流二极管是否有开路或短路故障。若没有发现什么问题, 更换备用印刷电路板。现在很多产家, 为了技术保密, 电压校正器的线路、元件是不公开并用环氧树脂或硅酸胶封死, 不易检修只能买他们的产品。

对于动态特性故障, 如: 不能起压, 运行中突然不发电, 负载增加, 相复励不足, 而造成端电压大幅度下降等故障, 就得检查相复励部分, 可参照“一”有关内容来排除, 这里不赘述。

例二 某轮的无刷励磁发电系统

图 7-21 是某轮的无刷励磁发电系统线路接线原理图。它的相复励部分是采用电流叠加型。电压校正器不提供线路图, 只提供型号, “VZRAB-1” 和安装尺寸, 从接线图上看, 它是控制交流侧分流量, 并有充磁起压环节。

从电流互感器 CT_1 和 CT_2 取出发电机 R 、 T 两相电流 (复励分量) 与 RT 线电压经移相电抗器 DK 取出的电压分量 (自励分量) 进行叠加, 经整流器 $SIRF$ 整流, 供给励磁机励磁, 实现了相复励作用, 提高发电系统的动态性能。

电压校正器: 分别引入了电压和电流信号。当并联运行时, 电压校正器的 C_3 、 C_4 端与另一台并联运行的校正器 C_3 、 C_4 接通回路, 进行差动电流互感器的无功功率分配调节。

对于这种系统发生故障的检修, 如: 不能建立电压, 应得检查充磁起压回路和励磁发电机、旋转整流器等, 其他动态特性故障, 参照“一”进行检修, 这时, 最好把校正器的输出脱离相复励部分, 以免引起错误判断故障所在。

对于静态特性故障, 只有检查可拆的元件, 若没有发现问题, 更换备用印刷电路板。

例三 带有 RP 系列自动恒压校正器的无刷励磁发电系统

带有 RP 系列自动电压校正器的无刷励磁发电系统线路原理图, 如图 7-22 所示。属整流桥臂交流分流型。它的相复励部分①与例二一样, 不重述。它的自动电压校正器由图中测量

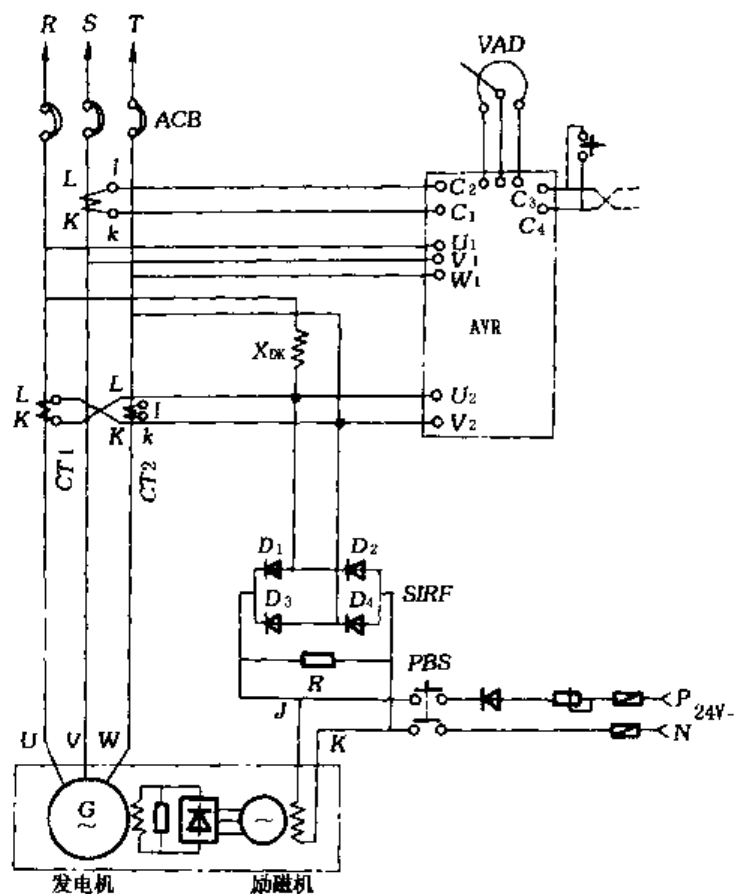


图 7-21 某轮无刷磁发电系统原理图

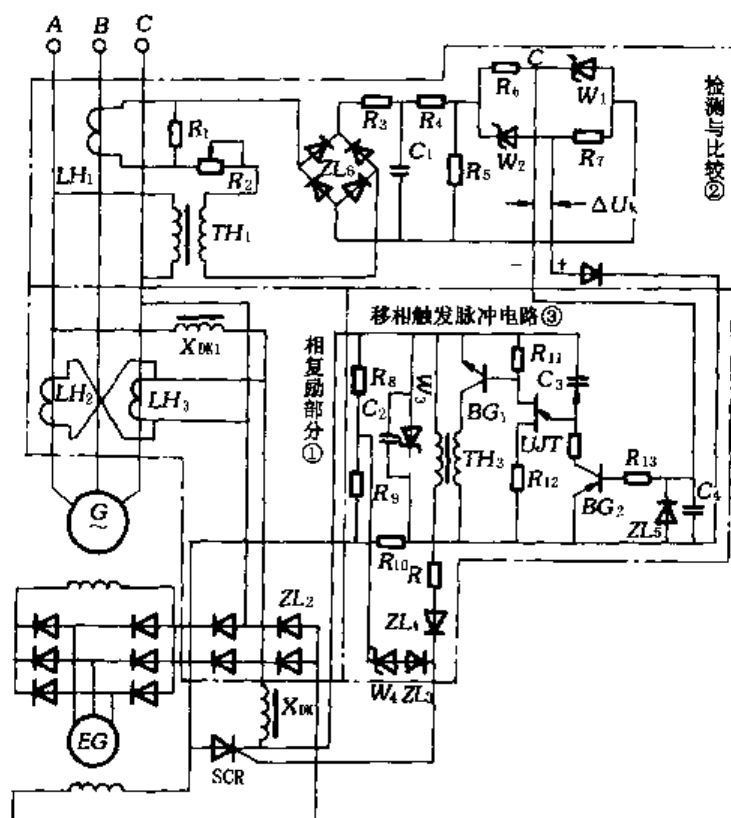


图 7-22 带有 RP 系列自动电压校正器
无刷励磁发电系统线路原理图

比较板②和触发控制板③两印刷电路板组成。这些线路对于我们也不陌生，这里就不需各个环节分别讨论，简述一下调节过程：

发电机电压经过电压变压器 TH_1 降压后与电流互感器 LH_1 的有差调节电流信号叠加后，经桥式整流 ZL_6 获得脉动的反映发电机的动、静性能的直流电压信号，通过桥式比较，获得偏差信号 ΔU_K （其输入、输出特性与 CRB 型一样，即在稳压段， ΔU_K 与发电机的端电压成正比）， ΔU_K 控制 BG_2 的导通程度，从而控制移相电容 C_3 的充电电流。若 U_G 上升时，就会使 ΔU_K 增加，从而 BG_2 的导通电流增加，即充电电流增加， C_3 充到 UJT 单结晶体管的峰值电压时间提前，触发脉冲前移，使可控硅 SCR 导通角增加，分流走的电流增加，励磁机的励磁电流减小，发电机电压下降，反之，亦然。

这种系统发生故障，对于属于动态特性故障，先把由校正器输出 SCR 脱开励磁机的励磁回路，看是否能起压或发电，若能，说明分流 SCR 击穿。若只有相复励部分，还不能起压或发电，就得按“一”对应故障检修方法来进行，同时应检查旋转整流器。对于发电机电压偏离额定值的故障，就得按“二”可控硅调压器的故障检修方法，这里不重述。

例四 某轮的自励恒压无刷励磁发电系统

图 7-23 是某轮的自励恒压无刷励磁发电机系统线路原理图，这种系统相复励部分与电压校正器部分是分开的，在励磁机上有二套励磁线圈，把相复励部分作为基本的激磁，而电压校正器部分作为调节辅助激磁。它的相复励部分是采用电流叠加型，它的电压校正器是由检测、比较、放大和辅助励磁电源组成，电压校正器工作原理如下：

发电机电压通过变压器 m_8 降压与电流互感器 m_5 送来的调差分量进行叠加，在并联运行时，还要电流互感器 m_6 与另一台同样的 m_6 进行分量叠加，叠加后，经 n_8 三相桥式整

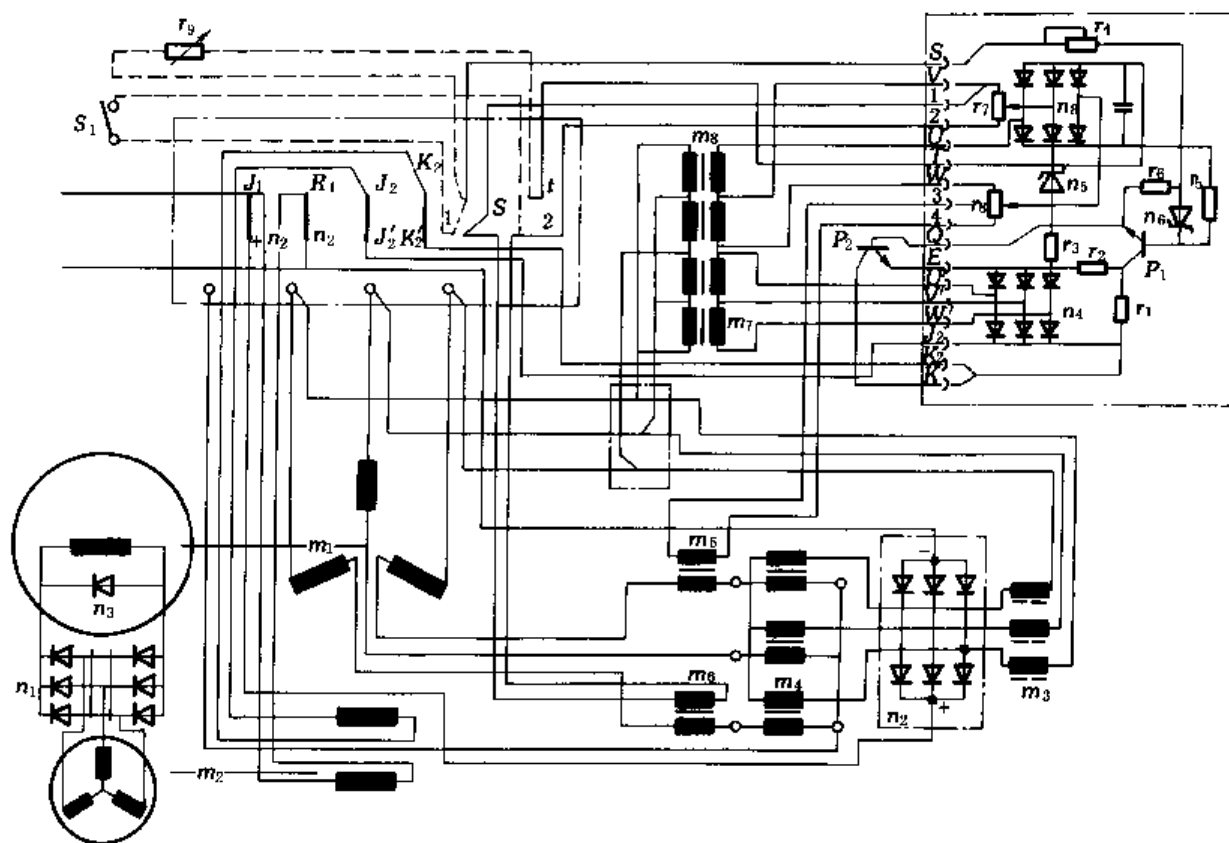


图 7-23 Z 2464-J 自励恒压无刷励磁发电系统线路原理图

流和电容 K_1 滤波, 得到反映发电机动态、静态特性的电压信号。 $U_{G.DC}$ 该电压信号加到由 n_4 、 n_5 、 r_5 、 r_6 构成的比较桥, 检测出偏差信号 ΔU_K (其输入—输出特性应用同 TUR 型, 即: 在稳压调节段, $U_{G.DC} \downarrow \rightarrow \Delta U_K \uparrow$), ΔU_K 就控制 P_1 三极管导通程度, 经 P_2 功率三极管控制辅助励磁电流的大小。上述过程简述如下:

$U_G \uparrow \rightarrow U_{G.DC} \uparrow \rightarrow \Delta U_K \downarrow \rightarrow P_1$ 和 P_2 的 I_C 电流减小, 即辅助励磁电流减小 $\rightarrow U_G \downarrow$ (恒压), 反之亦然。

这种系统发生故障, 根据故障性质很快就能判别是相复励部分故障, 还是电压校正器部分故障。相复励部分故障参照“一”, 电压校正器的故障, 由于元件少, 检查也很快, 一般首先应检查功率三极管, 因为它通过比较大电流, 若散热不良, 易于烧坏, 所以, 它的失效率比较高。

无刷励磁发电系统, 由于相复励类型、电压校正器输出接入的方式、电压校正器线路类型不同, 它们可组合成各种各样的无刷励磁发电系统, 再加上厂家的技术保密, 给维修人员带来了一定困难, 所以, 对这样的系统, 我们应掌握一个原则: 系统发生动态性质故障, 把校正器从相复励部分脱开, 看故障是否仍然存在, 若仍然存在, 按相复励调压器的对应故障来检修, 若不存在, 说明校正器的输出失控所造成, 应检查校正器输出回路。系统的静态电压, 偏离额定值, 就应检查电压校正器或更换校正器印刷电路板。

第三节 船舶电站自动装置的维修

随着科学技术的发展, 微电子技术应用到船舶工程上, 船舶自动化的程度越来越高, 可实现 24h 无人机舱。船舶电站作为船舶的重要组成部分, 也不例外, 它的自动化程度也不断提高, 从过去的单元自动化装置发展到全电站的自动管理系统。如: 起动一台较大容量的电动机, 能自动进行重载询问, 当电网容量不够时, 能自动起动备用柴油发电机组, 自动并车投网, 自动调频调载, 然后, 再起动该电动机。

现代船舶电站自动化装置都是由电子半导体器件构成, 所以, 它的维护工作量比较少, 不需进行拆检保养。平时只需做一些清洁、紧固检查和模拟试验工作, 通过模拟试验能及早地发现问题, 排除故障。

船舶电站自动化装置的功能越多, 它的线路结构就越复杂, 给维修人员排除故障带来了一定难度。但是, 它的各个功能都必须由一定的线路或印刷电路板组成, 正如微电脑的设备都必须挂在总线上一样。所以, 单元自动化装置是基础。我们在这一节, 首先讨论单元自动化装置。

一、自动并车装置的故障检修

(一) 概述

自动并车装置必须模仿手动并车操作过程, 首先要检测出待并机和运行机的频率差, 根据频率差的方向 (频差电压极性) 和大小发出相应的调速脉冲信号, 使待并机升速或降速, 使其频率与运行机的相等。——这个过程叫做频率预调。当频差达到允许并车要求 ($\Delta f \leq 0.25\text{Hz}$) 时, 要捕获出在初相位相同瞬间合闸, 以减小并车冲击电流——这个过程叫做合闸控制。因此, 自动并车装置有两大部分组成: 频率预调和合闸控制。其原理框图如图 7-24 所示。要实现框图中的功能的线路很多, 如频差脉动电压、有正弦波和三角波之分, 形

成的这种电压电路也是多样的，频差符号鉴别的方法有单相位法、多相位法。而且有些产家为了技术保密，不提供给线路图，只给出模块，如：日本造的船舶电站自动化控制系统 GAC-2S 中的频率预调由 EIH-212 印刷电路板完成，合闸控制由同步条件检测 EIH-221 电路和自动并车合闸控制 EIH-215 电路板完成，由 EIH-221 检测出同步条件符合时，送出合闸信号给 EIH-215 操作进行自动并车合闸操作。这样，给维修人员带来了很大困难，甚至，只能购买产家的原型号的产品替换之。

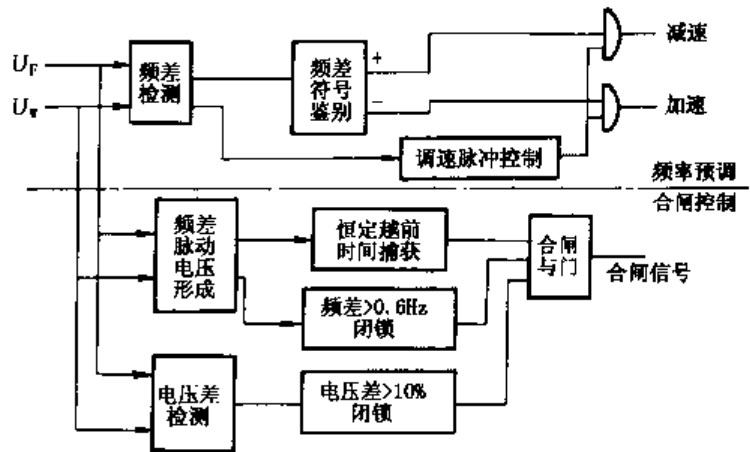


图 7-24 自动并车装置原理图

（二）自动并车装置的故障检修方法

不管是自动并车装置，还是作为自动化电站控制装置的一个单元也好，这部分必须与外围取得电网交流电压信号和待并发电机的交流电压信号，输出的执行机构有调速和合闸它们分别与手动调速开关、手动合闸按钮并联。所以，自动并车装置或单元故障，首先检查这些输入和输出机构是否异常。检查的方法，起动待并发电机组，有意把待机调低于运行机频率（约 1Hz），按下自动并车指令按钮，看频率预调环节是否工作正常，这时，应有加速继电器动作。若没有动作，说明频率预调环节出故障，这时检查电网，待并车的交流电压信号的输入有无。若有电压信号，有输入而无输出；就得更换频率预调模块。若自动装置动作不准，造成过流或逆功而跳闸，这时应检查合闸控制模块，着重检查并车条件检测环节和恒定超前时间或恒定超前相角捕获环节，检修方法应按电子设备检修方法来进行，较为常用的是替代法和波形法。

二、自动调频调载装置的故障检修

（一）概述

当两台或两台以上发电机并车运行时，由于各台柴油机的调速器的特性不能做到完全一样，这样，在并车运行时，就可能出现功率负荷承担不均（同容量而言）或不按额定功率的比例来承担，或者也不能按照某一个给定方案进行分配有功功率，再加上原动机的调速器为了并联的稳定性，一般都采用有差调节特性，所以，在重负荷情况下，使电网频率偏离额定值。因此，自动调频调载装置就得模仿人工的调节过程：

要获得电网的频差信号（由频率变换器完成），各台发电机的有功功率的信号（由功率变换器完成（这相当人眼观看频率表和功率表），把有功功率信号送到功率分配器（相当于人脑决定调节方案），根据既定的分配方案送出各台功率信号给各调速器，进行加速（增加功率）或减速（减小功率）操作（这相当于人的手，作用于调速开关），因此，自动调频调载装置或单元的原理框图，如图 7-25 所示。要实现框图中的功能的线路也比较多，如：频率变换器，就有谐振式、基波式、离散计时式等。功率变换器有单相式、多相式、离散采样式等等。有功功率分配器按分配方案不同，它有：虚有差法、主调发电机法、积差法，若以

微机为核心，自动化电站，一般是采用均分法（同容量发电机）或按额定值比例进行分配（不同容量），若是与废汽、轴带发电机并联，一般采用主调法，即以废汽发电机、轴带发电机承担基载负荷，辅柴油发电机为承担调节负荷，以减少轻柴油消耗，达到经济运行的目的，一般称这种分配方案为经济运行方式。可见，不同的组合，就有不同的具体线路，再加上技术保密，不提供线路图、印刷电路板元件封装，这给维修人员造成很大困难。

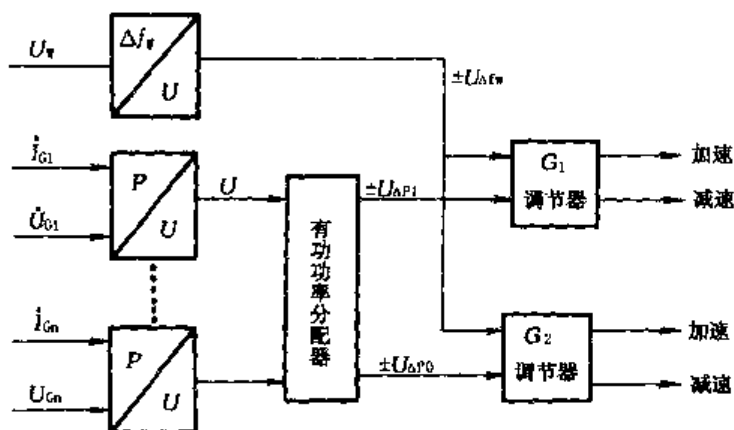


图 7-25 自动调频调载装置原理方框图

（二）故障检修方法

当自动化调频调载装置或单元发生故障时，首先检查的是输入、输出机构。比如说，电网上比较大的负荷，频率偏离额定值比较大（ $>0.5\text{Hz}$ ），自动调频调载装置拒绝动作，这时，应检查频率变换器，检测其输出是否有频差信号 $-U_{\Delta fw}$ ，若是微机系统，应检查电网交流电压信号送给微机的模拟量输入口的信号是否存在。没有该交流电压信号，就得检查电压互感器。若有频差信号 $U_{\Delta fw}$ ，应检查调速控制器的输出机构，没有发现什么问题，只能替代该机组的调速控制器模块。又如：自动并车成功后，不能自动转移负荷故障，首先应检查并联运行合闸成功信号是否给自动调频调载装置（一般是用 ACB 的常开触点闭合来提供，所以，检查该触点是否闭合好），然后，检查功率变换器是否有输出，这时，刚并机，输出信号应是很小或为 0，否则就有故障，这时检查输入信号 U_G 、 I_G ，注意检查电流信号时，千万不能开路，因为，这是由电流互感器提供的，若要检修电流互感器应停机，离线检查。若这些正常，应更换故障的功率变换器模块。

总之，对于这些技术保密，不知其具体线路结构的故障印刷电路板的检修方法，最有效、快速是更换备用板，进行离线送专业厂家检修或更换；其次，对早期已不再生产的产品，需向厂家定制，价格昂贵。因此，在有可能认清其功能（如功率变换器，频差变换器），知道输入、输出之间关系，以及与上级、下级的联系（这里指信号匹配关系），可以自行设计或利用现有等同的功能的印刷电路板替代。

三、船舶发电机综合保护装置的检修

（一）概述

船舶发电机是船舶重要设备之一，只有船舶发电机安全，可靠运行，才能有效保证船舶航行的安全，所以，对发电机都装设有过载、短路、欠压及逆功保护。实现这些保护有继电器式、半导体式、微机数字式。现在，完全继电器式保护装置逐渐被淘汰。国产船舶大都使用半导体式的过流、过载保护，欠压保护由失压线圈完成，逆功保护采用感应式逆功继电器。国外的有两种方式。一种是：与船舶电站鉴控结合在一起，作为船舶电站自动化控制系统的一部分，另一种是：主开关带有一个低位微处理器，进行电流、电压、功率的数据采集、处理，达到整定值时，使出口电路动作。

半导体保护装置的组成：电压形成电路、整流滤波电路、比较电路、时限电路、出口执行电路。如图 7-26 所示。

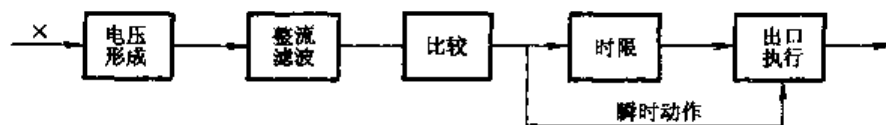


图 7-26 半导体保护装置原理方框图

微机保护装置的组成：电压形成电路、开关矩阵、模数转换 A/D、微机处理器、输出接口、驱动电路。如图 7-27 所示。

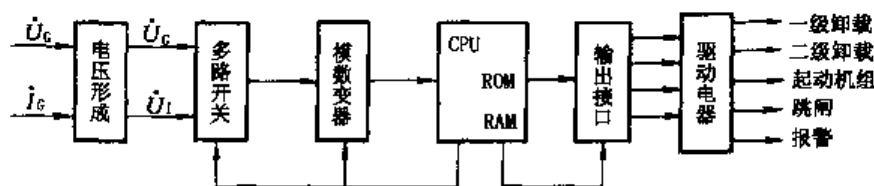


图 7-27 微机保护装置原理方框图

（二）故障检修方法

例一 GENOP21 型综合保护装置

GENOP21 型发电机综合保护装置原理图，如图 7-28 所示。该装置具有过载分级卸载、过流、逆功、欠压保护。线路特点：运算放大器构成的施密特电路的门槛电压决定整定值及延时时间长短。

1. 工作原理

（1）分级卸载过流保护工作过程：

把各相的电流通过各自电流变换器 $m_1 \sim m_3$ 、 $R_1 \sim R_6$ 变成交流电压信号（即为电压形成回路），通过半波整流 $n_1 \sim n_3$ 和滤波电路 R_7 、 R_{20} 、 K_3 、 K_{27} ，得到一个与发电机电流成正比的直流电压信号 U_l ，加到一级卸载，二级卸载，过载跳闸的 Y_1 、 Y_4 、 Y_7 的不同门槛电压值的施密特电路（比较电路），一般情况下，各起动值的整定， Y_1 的整定值为 $(1 \sim 1.05) I_{G.N}$ 由调整 R_{10} 来实现， Y_4 的整定值为 $(1.1 \sim 1.2) I_{G.N}$ ，由调整 R_{23} 来实现， Y_7 的整定值为 $1.3 I_{G.N}$ ，由调整 R_{42} 来实现。当达到一级卸载动作值时，即达到 Y_1 的施密特电路的门槛值时， Y_1 就翻转，输出低电位给时限电路，它是由电容器 K_2 、 R_{13} 和时限整定施密特电路 Y_2 组成。当 Y_1 翻转时，由于 K_2 两端电压不能突变，仍然保持 Y_2 的反相输入端电位， Y_2 输出不变，随着 K_2 的充电，电流的衰减，在 R_{13} 的压降就下降，当达到 Y_2 的门槛值时，即整定的延时时间到， Y_2 就翻转，输出高电位，通过一个或门二极管 n_8 使三极管 p_1 导通，一级卸载继电器 d_1 动作，卸掉一级次要负荷。若 U_l 达到二级卸载作值 Y_4 翻转，首先卸掉一级次要负荷，它是用时限原则来实现，由 Y_3 先输出，使 d_1 动作，若发电机继续存在过载，然后再卸载掉二级负荷，同理，当 U_l 达到过载跳闸保护动用值时，也是先卸掉一、二级负荷，最后，才跳闸保护。

（2）逆功率保护

由 m_3 取出 T 相的电流信号 U_{IT} 加到相敏整流三极管 p_6 上。发电机线电压 U_{SR} 通过电压变换器 m_4 降压，再经 K_{15} 、 $R_{61} // R_{62}$ 、 R_0 移相为 T 相的 $-\dot{U}_T$ ，该电压经放大器 Y_9 放

大加到 p_6 , 对 U_{IT} 进行相敏整流, 其输出反映了功率的大小和方向, 当达逆功率保护整定值时 (调整 R_{67} 来实现) 时, Y_{10} 施密特电路翻转, 通过时限电路 (K_{19} 、 R_{69} 、 Y_{11}) 延时, 使 p_4 导通, d_4 有电动作, 主开关跳闸, 实现逆功率保护。

(3) 欠压保护

由 m_4 电压变换器取出发机电压, 通过 n_{22} 、 n_{23} 全波整流和 K_2 滤波, 由 R_{79} 、 R_{80} 取样电路与 n_{32} 稳压管电压比较。若电压正常, 取样的 U_G 大于稳压管的电压 U_W , p_5 导通, d_5 有电。主开关不动作, 若发电机端电压下降到整定值, 如 70% 时, 取样出的电压 U_G 小于 U_W , p_5 就截止, d_5 失电, 常闭触点闭合, 使分励脱扣器得电, 主开关跳闸, 实现欠压保护。

2. 故障检修方法

一般而言, 半导体保护装置, 面板上都有不同位置的测量孔 (图中的空心圆), 按说明书, 测取有关电位, 然后与说明书上正常值比较, 偏差大, 说明这个测量孔的前、后级元件有故障。

(1) 综合保护装置失效

发生这种故障, 首先检查公共部分电路, 工作电源和电流信号形成电路及整流滤波环节。

(2) 主开关误跳闸

发生这种故障, 首先检查 p_3 、 p_4 是否有击穿故障。若击穿故障, 就得把 d_3 或 d_4 微型继电器拔出, 重新合闸运行、监视, 此时, 加强值班, 注意发电机不能有过载或逆功发生。若故障消失, 说明所拔出的输出继电器通道发生故障, 一般先检查线路、元件表面迹象, 如运放管很烫, 说明这个管子有可能击穿。电阻焦糊, 可能阻值变大或开路。

(3) 主开关不能合闸

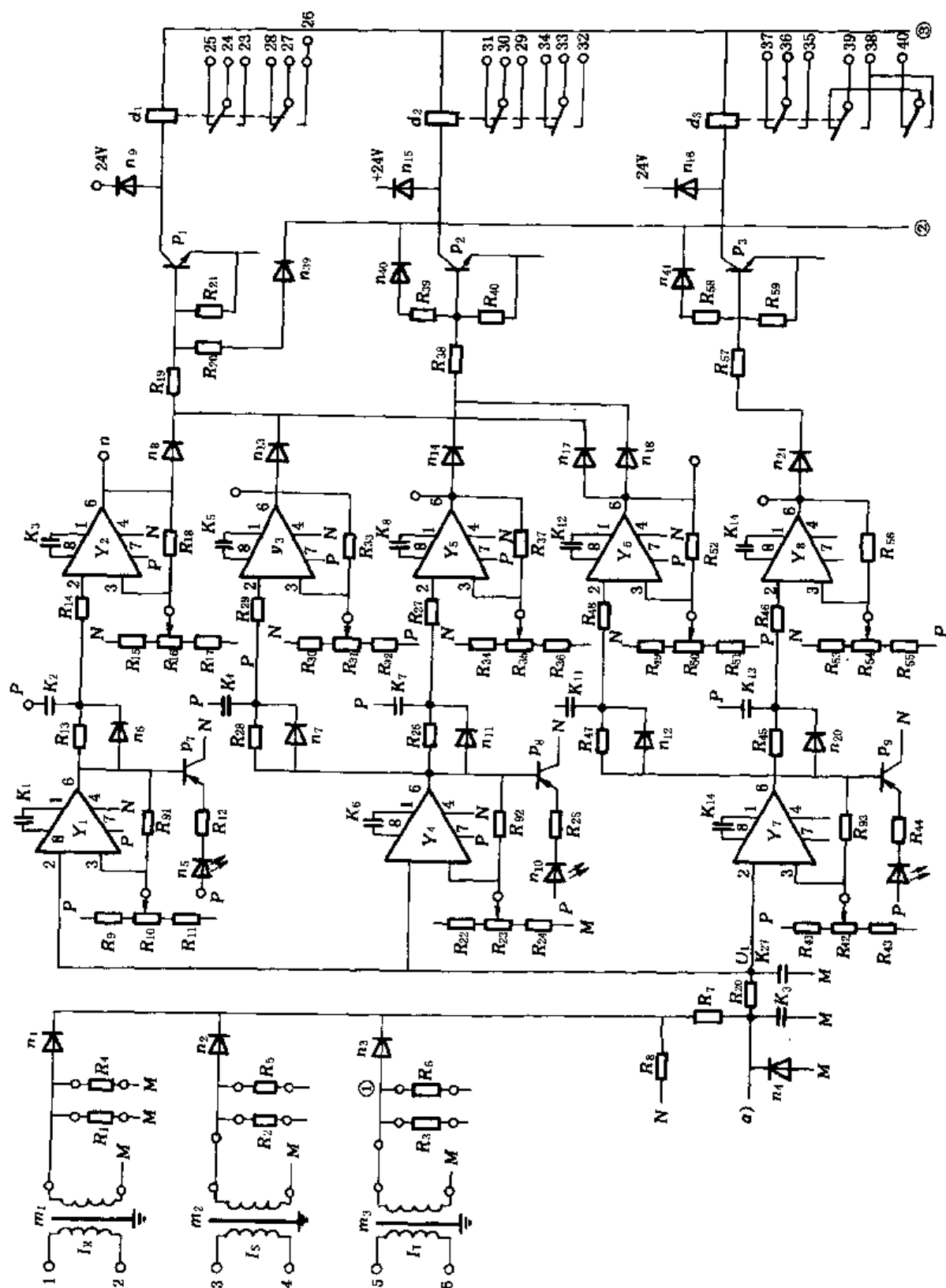
首先检查主开关本身是否有不能合闸的故障原因, 如失压线圈开路, 主开关没有复位, 分励脱扣的回路没有断开等。若无以上问题, 可能是综合保护装置的某一个跳闸保护的执行电路动作。这时, 在确保发电机电压正常情况下, 把 d_5 拔出, 使分励脱扣器回路断开 (一般而言, 综合保护装置, 最终的作用都是通过分励脱扣器实现的), 若此时, 能合上闸说明, 欠压保护通道有开路故障。若仍然不能合闸或一合即跳, 就得按 (2) 故障来检修。

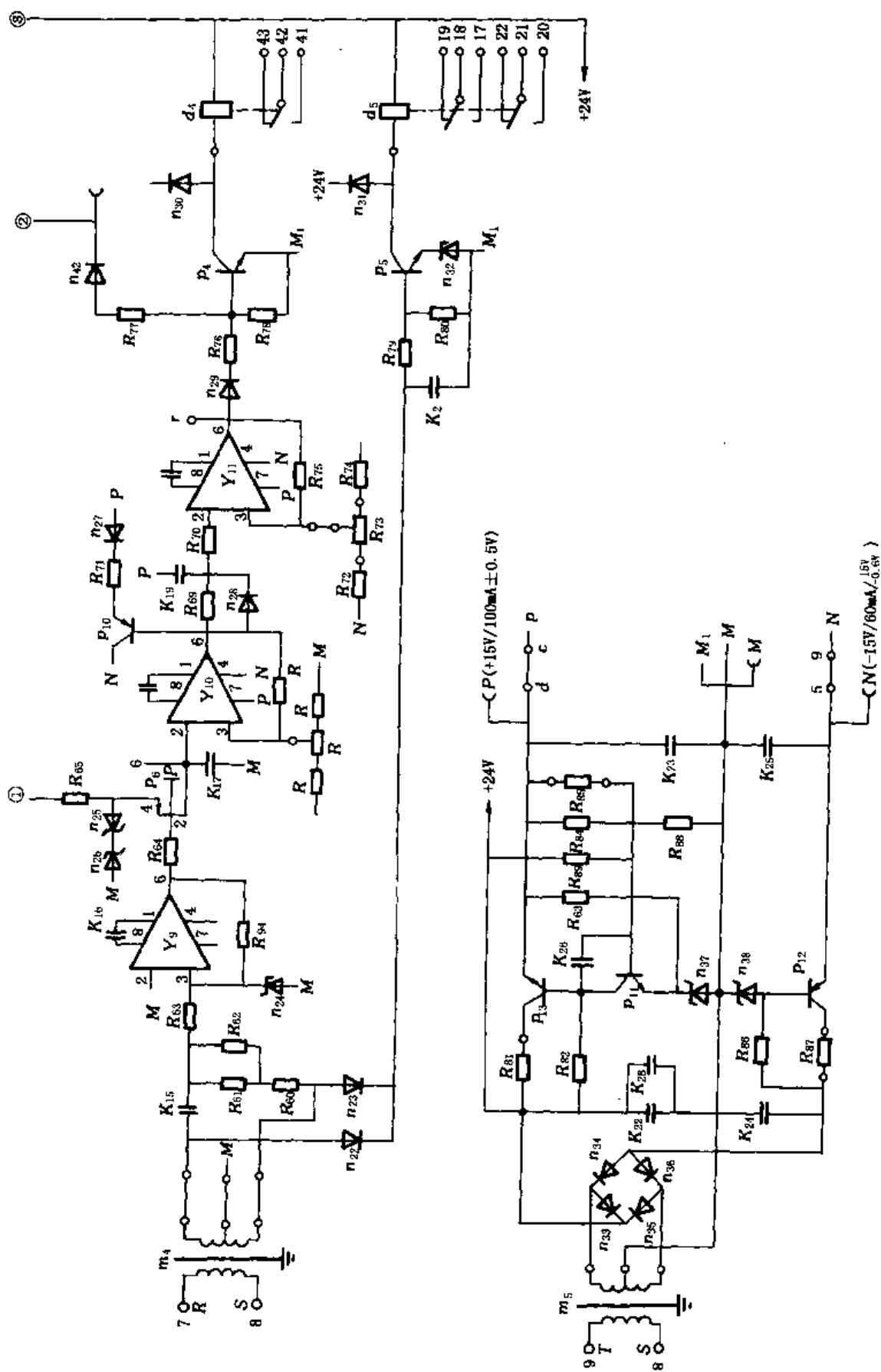
例二 AOR 型的微机综合保护单元

AOR 型微机综合保护单元装在 AT 系列主开关上。它是以 4 位 CPU 处理器为核心的多功能保护装置, 它具有短路短延时和瞬时保护, 具有长延时过流保护和自动卸载功能。由于厂家技术保密, 没有提供内部结构图和线路图。只能介绍其功能, 如何整定试验等内容。

AOR 型微机综合保护单元的面板图, 如图 7-29 所示。

- 1——短路电流瞬时保护的動作值整定旋钮;
- 2——过载长延时保护的動作值和延时时间的整定旋钮;
- 3——过流短延时保护的動作值和延时时间的整定旋钮;
- 4——自动卸载動作值的整定旋钮;
- 5——达到过载长延时動作值时, 发光二极管闪烁;
- 6——过载长延时保护動作, 发光二极管亮;
- 7——短路保护動作, 发光二极管亮;
- 8——微机系统故障, 发光二极管亮, 报警;





7-28 GENOP21 型综合保护装置原理线路图

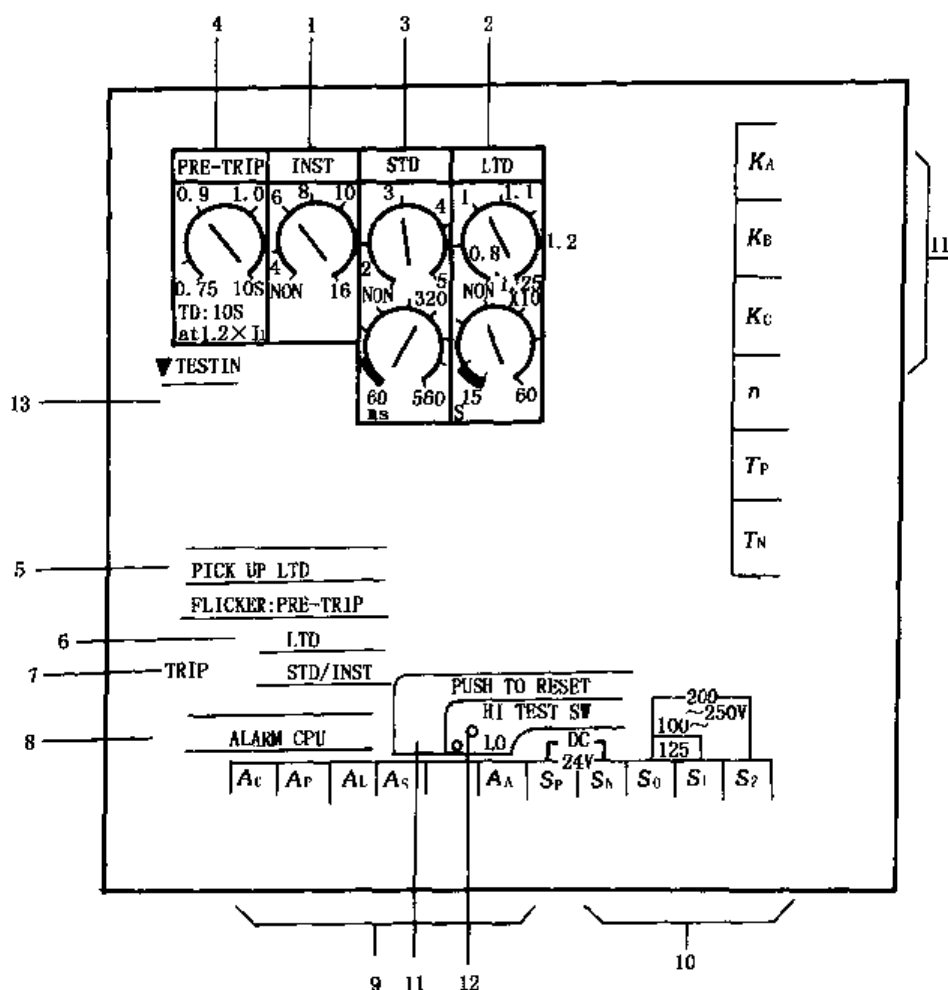


图 7-29 AOR 型微机综合保护单元的面板图

- 9——动作指示，连接输出端子；
 10——工作电源引入端子；
 11——电流互感器二次侧电流信号引入端子；
 12——复位按钮；
 13——试验开关。

整定值检查或更改过程：

首先把主开关摇出，脱开主电路，使主开关在试验位置上，然后按图 7-30 线路接好。

1. 延时时间的整定

(1) 长延时时间检查方法：

- ①合上主开关；
- ②把短路瞬时保护和短延时保护的整定旋钮转到“NON”位置；
- ③接通 1.5 倍的发电机的额定电流在电流互感器二次侧的对应试验电流：即 $I_{\text{test}} =$

$\frac{1.5I_{G.N}}{I_{CT.N}} \times 5$ ，调节自耦变压器，使电流表的读数为 I_{test} 值；

④把试验开关手柄逆时针方向转即转向“LO”，同时按下秒表进行计时，直到开关跳闸，停止计时，同时，放开试验开关，它自动复位，切断试验电流。秒表上的读数就是在 $1.3I_{G.N}$ 动作值，在这期间，自动卸载动作，指示灯全亮。并与说明书比较，若太长或太短，

可通过整定旋钮来整定。修改后，应重复上述试验，确认修改的延时时间。

⑤把短路瞬时，短延时保护的整定旋钮转回到通常位置。

(2) 短路短延时的检查方法：

同样按图 7-30 接线。

①合上主开关；

②把短路瞬时保护的整定旋钮转到“NON”位置；

③接通 6 倍的发电机的额定电流在电流互感器二次侧对应的试验电流 $I_{\text{test}} = \frac{6I_{G.N}}{I_{CT.N}} \times 5$ ；

④把试验开关手柄顺时针方向转动（即转向 H1），主开关有延时跳闸，属正常。释放试验开关，切断试验电流；

⑤把短路瞬时保护的整定旋钮转回到通常整定值位置上；

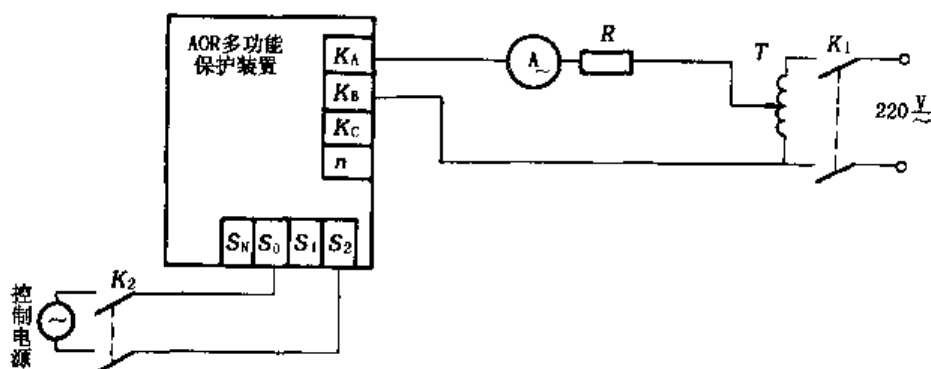


图 7-30 AOR 保护单元整定值试验电路图

(3) 短路瞬时保护

①合上主开关；

②接通 6 倍发电机的额定电流对应的试验电流；

③把试验开关手柄顺时针方向转动（即转向“H1”），若主开关瞬时跳闸属正常；

④释放试验手柄，切断试验电流。

2. 各保护动作值的整定

把主开脱离主电路，在试验位置按图 7-30 线路接好。

(1) 自动卸载动作值的检查：

①合上主开关；

②接通试验电源，然后调节自耦变压器，使试验电流从 0 开始，慢慢增加，当 PICK UP LTD 的指示灯闪烁时，这时试验电流就是 I_D 整定动作值。若此时试验电流与 I_D 整定值的折算值相差在 $\pm 5\%$ ，属于正常。

③减小试验电流到 0，切断试验电源。

(2) 过载长延时动作的检查

①合上主开关；

②接通试验电源，然后调节自耦变压器，使试验电流从 0 开始慢慢地增加，当 PICK UP LTD 的灯闪烁时，再慢一点增加电流，当增加到 PICK UP LTD 的指示灯变为平光时。此时，试验电流与长延时过载保护的整定值的折算值的误差 $\pm 5\%$ 之内属于正常，这时试验电流就是整定值。

③减小试验电流到0, 切断试验电源。

(3) 短路短延时动作的整定

①合上主开关;

②把过载长延时和短路速断保护的整定旋钮转到“NON”位置。

③接通试验电源, 快速增加试验电流, 加到整定值折算值的误差在 $\pm 10\%$ 之内时, 主开关跳闸, 属于正常, 这时, 试验电流换算到主电路上的值就是对应主开关的短路短延时整定值。

④把过载长延时和短路速断保护的整定旋钮转回到通常位置。

⑤减小试验电流到0, 切断试验电源。

(4) 短路速断保护整定值整定

①合上主开关;

②接通试验电源, 调节自耦变压器, 从0开始增加试验电流, 若在 $(80\% \sim 120\%)$ 整定值内跳闸是正常, 因整定值与实际动作的误差允许在 $\pm 20\%$ 之内, 属于正常, 这时试验电流就是对应整定值。

四、船舶电站自动化装置的检修

(一) 船舶电站自动化装置的结构原理

由于船舶种类不同、船舶电站发电机与原动机的型式配置不同以及船舶建造的年代不同等等原因, 致使现今运行的船舶中有各种各样的自动化电站。船舶电站按构成的器件来分: 有继电式、半导体分立元件组成和微机控制的。而现在的装置是以微电脑为核心, 即数字控制系统为主流。但是, 不管哪种形式, 它都是由一些基本功能环节组成, 一般有:

①船舶发电机组的自动启动;

②发电机的自动并车;

③并联运行发电机的自动调频调载;

④并联运行发电机的无功自动分配;

⑤重载询问, 先确定运行机组能否承担即将投入的大负载, 如不能承担, 则发出启动另一台机组信号, 给自动启动单元, 并在并车后, 再投入大负荷。

⑥按现有电站容量情况, 能自动切除或投入次要负荷;

⑦微机控制的自动化电站, 能实现自动管理及监控电站。

对这些基本功能环节在电站自动化装置中既相互联系又有一定的相对独立, 不同的电站自动化装置所包含的基本功能环节不尽相同。在同一装置中由于故障等原因也可以切除部分功能单元而不影响全局, 如柴油机的自动启动功能切除, 采用人工启动后, 也能够进行自动并车, 自动调频调载操作, 一般的船舶电站自动化装置的简化结构原理框图, 如图 7-31 所示, 可见, 把上述的各自动化单元组合起来, 就形成了全自动化电站。

(二) 船舶柴油发电机组自动启动、停车的控制过程

为了柴油发电机组的安全, 当备用机组收到请求启动信号, 机组满足自动启动条件时, 才发出自动启动指令:

1. 允许自动启动条件

①启动气源压力正常;

②燃油控制手柄置于“运行”位置;

③机组已置于“自动”操作方式;

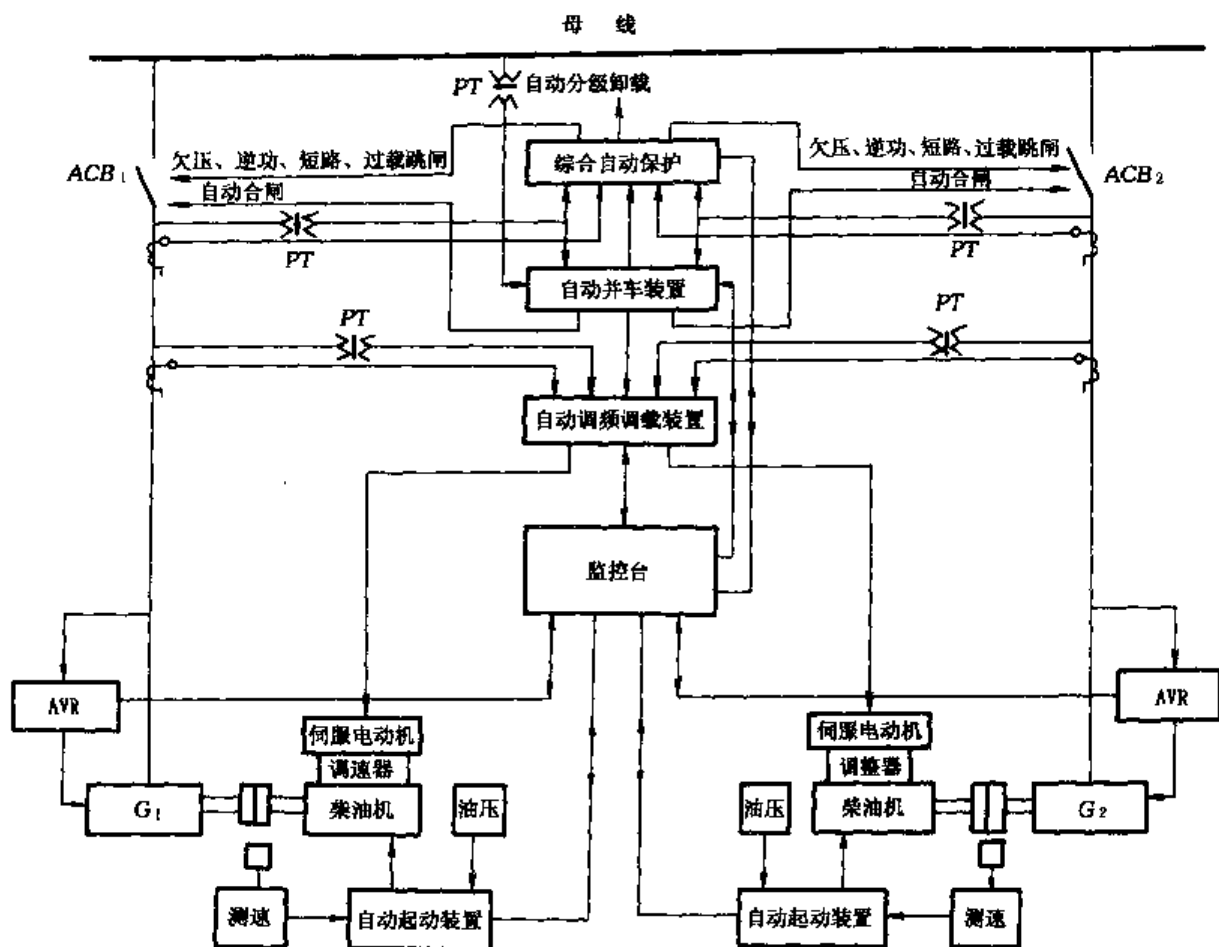


图 7-31 船舶电站自动化装置的结构原理框图

④无转速信号（即停机状态或转速仍然低于点火转速）；

⑤发电机自动开关未合闸；

⑥机组未“阻塞”（或已手动复位）；

⑦盘车杆已置入指定的安全位置内等。

当上述各条件全部得到满足时，发出允许起动信号。

当发生如下的任何一条件，就会请求起动备用机组：

①重载即将投入，现有电网容量不足；

②前备用机组起动失灵或失败；

③运行机组发生故障，如滑油压力低，冷却水温高，超速等；

④电网电压失常，如 $U_{Net} > 105\%$ 或 $U_N < 90\% U_N$ ，持续 5s（动作值可整定）。

⑤电网频率失常，如： $f > 105\% f_N$ 或 $< 95\% f_N$ ，持续 5s（动作值可整定）；

⑥运行发电机电流 $I_G > 125\% I_{G,N}$ 持续 9s；

⑦发电机主开关误动作等。

2. 柴油发电机组自动起动过程：

起动过程的控制通常包括下述一些环节：

①起动能源（气源、电源、燃油等）控制；

②起动次数的监视（用定时或计数）；

③起动周期（起动持续时间和连续起动的间隔时间）的控制；

④启动成功的检测：通常以点火转速或与点火转速相应的滑油压力作为检测启动成功的整定值；或者以达到正常转速或正常电压作为整定值。

⑤启动失败的处理，包括报警、发出停机指令，“阻塞”本机再启动和转移启动指令等。

对于自动启动过程的控制部分，根据船舶电站单机运行方式和并联运行方式的不同，其控制过程也有所不同。图 7-32 是单机运行方式电站自动启动过程流程图。图 7-33 是并联运行方式电站自动启动过程流程图。

3. 柴油发电机组自动停机

柴油发电机组自动停机有二种情况：一种是故障停机，如超速、滑油压力低、冷却水温高等；另一种属于正常停机，如自动解列。

故障停机：它的控制是直接作用于供油电磁阀，断油而停机，然后，执行故障处理程序，如报警，发出启动备用机组信号，阻塞本机组自动再起。

正常停机：它不进行故障处理程序，但在停机过程中，不接受自动启动或自动合闸信号，直

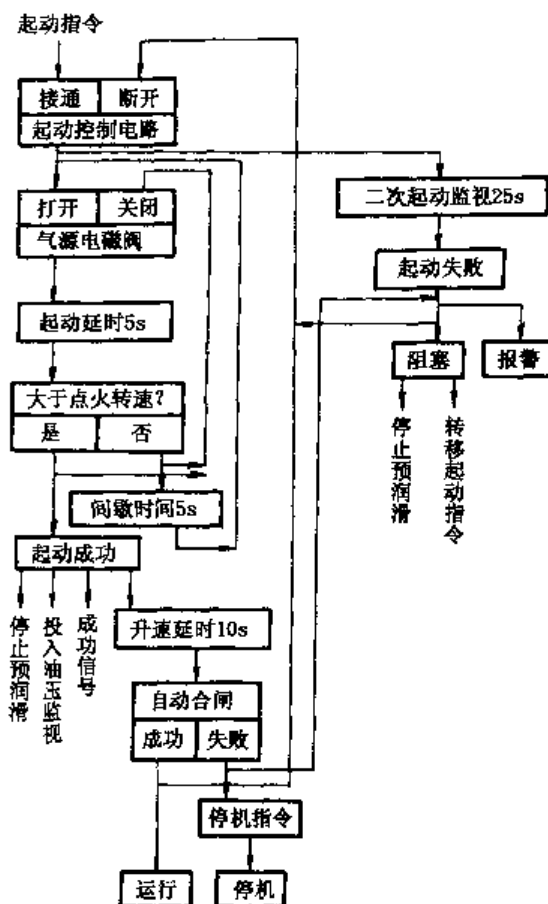


图 7-32 单机运行电站自启动控制

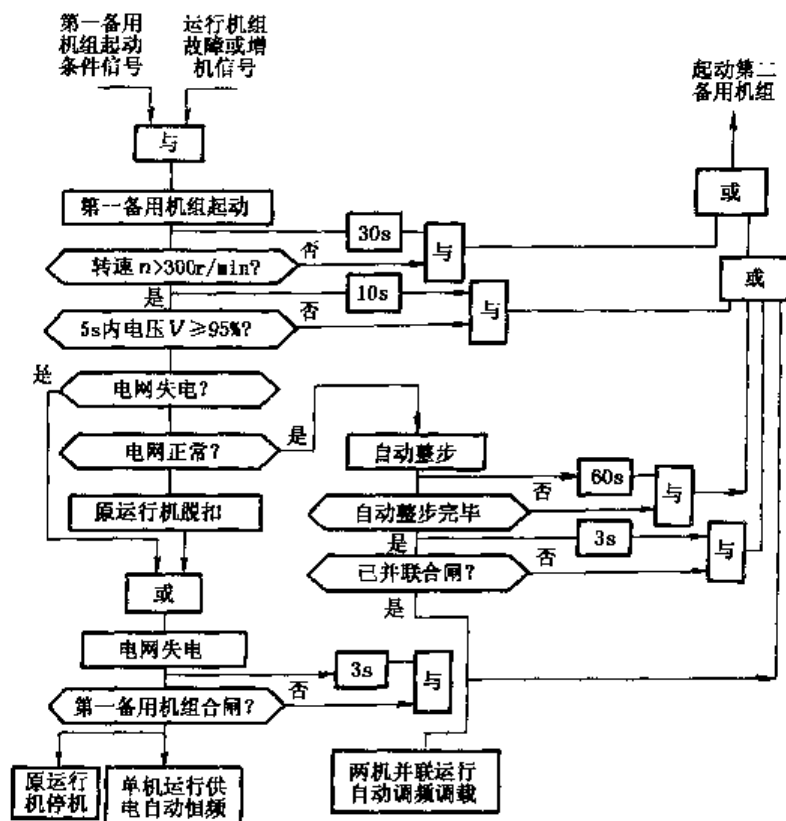


图 7-33 并联运行的电站自启动控制流程图

到转速为零后，才接受重新恢复自动起动和自动合闸的功能。

图 7-34 是单机运行自动停机控制流程图。图 7-35 是并联运行的自动化电站停机控制流程图。

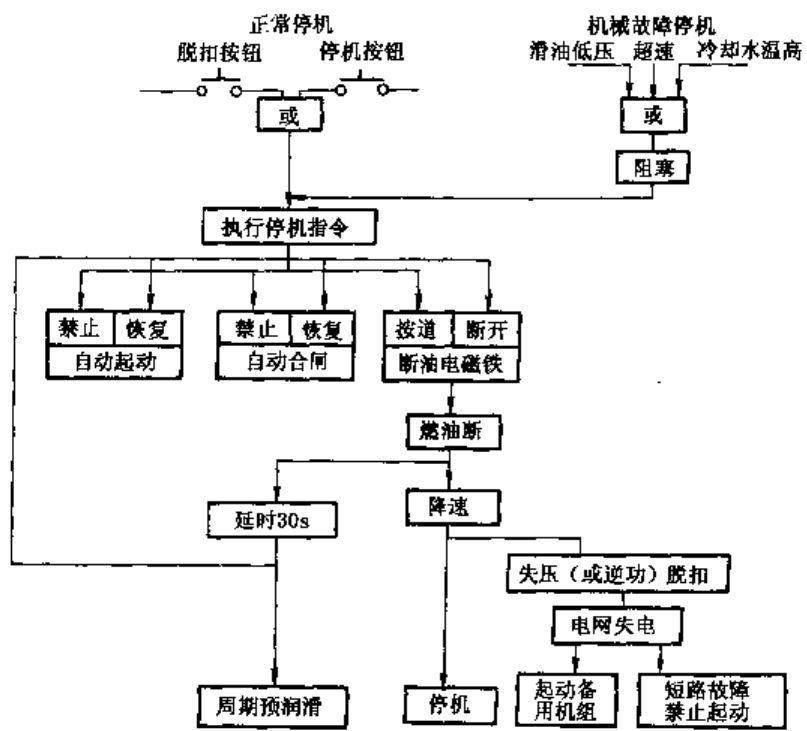


图 7-34 单机运行电站自动停机控制流程图

(三) 船舶电站自动化装置故障检修方法

到现在为止，我们对船舶自动化装置的结构原理，基本功能单元的实现方式及控制过程有所了解。下面举二个例子讨论检修方法。

例一 GAC-2S 型船舶发电机自动控制系统

1. 组成原理

GAC-2S 型船舶发电机自动控制系统具有自动起动、自动并车、自动调频调载和综合自动保护等功能；它既可以自动单机运行也可以自动并联运行。图 7-36 为其主要功能单元信号系统图。图中每一注有标号和数字的方框为一功能卡（即一个印刷电路插件板）。各基本功能单元的功能简述如下：

(1) 电网监视单元

该单元由电压监视器 EIE-322 和频

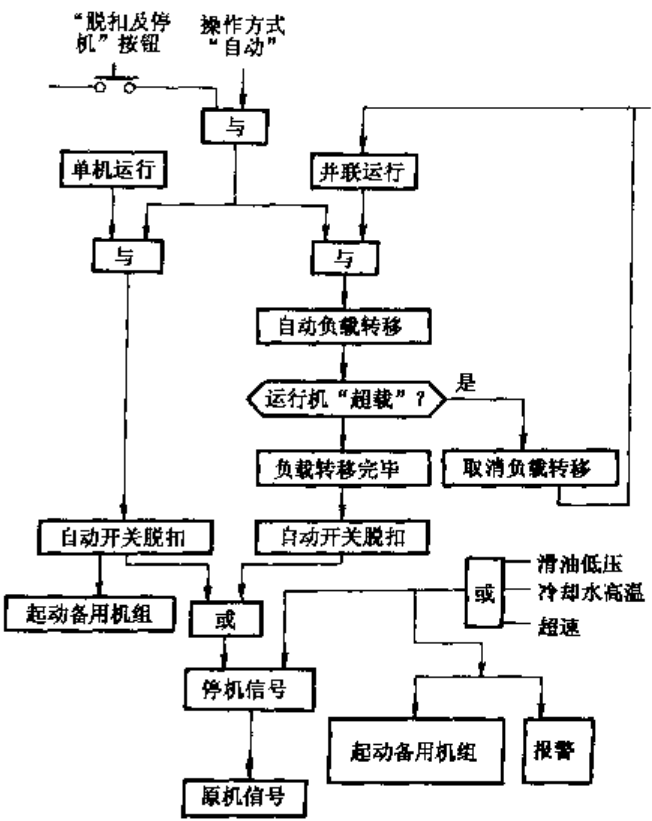


图 7-35 并联运行自动电站停机控制流程图

率监视器 EIF-322 组成。电压监视器动作的上限额定百分值为 100%~125% 可调,整定值为 106%;下限值为 75%~100% 可调,整定值为 90%。频率动作的偏差值为 $\pm 6\text{Hz}$ (标准频率为 60Hz) 可调,整定值为 $\pm 3\text{Hz}$ 。它们的延时动作时间为 0.5~15s 内可调,整定值为 5s。

(2) 发电机电压监视器 EIE-421

监测发电机起动时的电压。动作额定百分值为 60%~100% 可调,起压整定值为 95%。当发电机电压达到此整定值后经延时 (0.5~15s 可调,整定 5s) 发出发电机已起压信号。

(3) 备用发电机组自动起动控制单元

它由 EID-111、EID-121、EID-131 和 EID-141 等控制卡组成。

EID-111 为备用机组起动信号卡。输入发电机过载或故障信号,或输入电网不正常信号,发出请求起动备用机组的信号。

EID-121 (或 122, 任选) 为备用机组起动顺序控制卡。输入各备用机组的起动条件和起动联锁条件信号 #A (见图注), 按预先选择的起动顺序发出起动指定备用机组的信号。EID-121 卡是根据“起动顺序选择开关”的指示位置确定备用机组的起动顺序; EID-122 卡则是根据各发电机设定“自动”运行方式的先后顺序来确定备用机组的起动顺序。

EID-131 为备用发电机的起动检测卡。根据由 EID-111 和 EID-121 输入的信号首先向第一备用机组发出起动指令, 然后检测起压信号。若在预定的时间内有起压信号则发出起动成功信号; 否则, 起动第二备用机组, 或发“中止”起动 (即备用机组用尽) 信号。当用半自动“运行及合闸”按钮操作时, 则随时可起动第一备用机组。

EID-141 (或 142、143 任选) 为备用机组投网方式控制卡, EID-141、EID-142 和 EID-143 这三种卡的共同功能是接受起动成功信号, 发出投入电网信号。有三种投入方式: ①先断电后投入。当延续的电网不正常信号存在时, 控制卡先发出运行机组跳闸信号, 然后对起动的备用机组发出合闸信号。②单机投入。因原动机故障或自动开关故障导致电网失电时, 控制卡对起动的机组发出直接合闸的信号。③自动并车投入。因运行机过载或某一并联机组的停机而起动备用机组时, 则发出自动并车信号。EID-141、142、和 143 这三种卡的区别在于: 当故障机的自动开关脱扣之前若故障已消失, 则对是否继续断开运行机组, 对是否继续投入新机组有不同的处理方式。

(4) 发电机自动开关控制器 EID-211

它的功能是: ①接受合闸或脱扣信号, 使指定发电机的自动开关合闸或脱扣。②检测自动开关故障 (如误脱扣、合闸失灵, 也包括发电机不起压) 发出相应的故障信号, 而且保持这些故障信号直至外部开关复位。③将上述故障信号与原动机故障信号一起送至起动控制单元。

(5) 故障检测器 EID-311

它的功能是: ①检查系统故障, 即检查每一发电机组的合闸电路和起动电路内的器件, 以及输出继电器组中所有触头故障, 并发出相应的故障信号。②检查原动机故障, 根据输入的故障信号 #B (滑油压力低、淡水温度高、超速或起动失败) 发出相应的故障信号和报警信号。这些信号一直保持到“故障复位”为止。③发出禁止故障机组再起动的控制信号, 使手动或自动操作的起动指令均失败。

(6) 原动机控制器 EID-411 (或 412 任选)

它的功能是: ①检测起动联锁条件 #D (盘车杆、燃油手柄位置、气源、气源压力和转速信号), 给出机组可否起动的信号。②接受自动或手动起动指令, 发出机组准备起动的音响信号, 并且在预定的时间 (0.5~15s 可调) 内发出接通起动电磁阀的信号。③在发出准

备起动音响信号后的预定时间（5~50s 内可调）内若无转速信号，则向故障控制单元发出起动失败信号。④收到故障信号或停机信号后，发出接通停机电磁阀的控制信号，使机组停转。EID-411 和 EID-412 的区别在于对停机过程的监视方式不同。EID-411 用定时监视停机；EID-412 用检测转速信号来监视停机。

（7）自动并车控制单元

它是由 EIH-215、EIH-222、EIH-212 和 EIH-221 控制卡所组成。

EIH-215 为自动并车合闸控制卡。传送自动并车指令给待并机，条件满足时发出合闸指令。在预定的时间（30~120s 可调）内收不到来自 EIH-212 的整步无误信号，则将发出整步失败信号。

EIH-222 的功能是完成频差和频差符号的检测，发出相应的加速或减速信号；生成脉冲宽度与频差大小相配的定时调速脉冲电压。

EIH-212 为调速器伺服电动机控制卡。它的功能是：①接受并车指令，发出接通 EIH-221 和 EIH-222 两控制卡电源的信号。②接通两控制卡电源信号发出后约 2s，检查该两控制卡工作是否正常。若正常，则向 EIH-215 卡发出工作正常信号；若 2s 后 EIH-215 收不到这种信号，它将发出整步失败信号。③根据输入的调速信号向调速器伺服电动机发出加速或减速的控制信号。

EIH-221 为合闸条件检测卡。它能检测频差和电压差，当达到并车允许值时将以恒定的超前时间向 EIH-215 发出合闸信号。

（8）有功负荷分配控制单元（即自动频载调节装置）

它是由如下一些功能卡所组成：

EIH-312 是频载调节器电源控制卡。其主要功能是：①接受发电机的合闸信号，并据此发出接通该机组频载调节控制器（EIH-321 和 EIH-322）电源的控制信号，使其投入工作。②进行频率—电压变换，向各机组的 EIH-322 输出与频率偏差成正比的直流电压信号。

EIH-315 是负载转移控制卡。其主要功能是：①接受“自动”或“遥控”按钮发来的对某机组进行解列负载转移的指令，并向该机组的 EIH-321 发出执行负载转移的信号。该信号一直保持到发电机自动开关脱扣。但在执行过程中若有某机组发生“超载”时，则将取消执行负载转移信号。②在负载转移过程中接受 EIH-321 的“空载”信号，并向该机组的自动开关控制器（EID-211）发出脱扣信号。

EIH-321 是发电机功率、电流的检测和变换器，其主要功能是：①检测发电机的电流和三相功率，并分别转换为直流电压信号，在额定电流和额定功率（功率因数 $\cos\varphi = 0.5 \sim 1.0$ ）时，它们的输出直流电压均为 $-2.5V$ 。这些信号（即 $I-V$ 和 $P-V$ ）分别送到各自的 EIH-322 频差调节控制器和 EIL-131 过载监视器。②空载检测。当发电机负载减小到额定输出的 5% 时则向 EIH-315 发出“空载”信号。③重载检测。当发电机的负载超过预定的极限值（75%~100% 内整定）时向 EIH-315 发出“超载”信号。当发电机负荷减小到“超载”值的 90% 以下时，“超载”信号复位，发电机脱离超载。

EIH-322 是频载调节控制器，它的功能是：①产生“平均”功率信号。接受发电机的功率信号并与其他运行机组的 EIH-322 的功率信号相联系产生“平均”功率信号。②产生有功分配偏差信号，即发电机的功率信号与“平均”功率相比较产生有功分配偏差信号。③产生调速脉冲信号，根据频率和有功分配综合偏差信号的幅度和极性的检测和鉴别，产生相

应的周期恒定、脉宽与偏差信号幅度成正比的加速或减速调速脉冲信号。该信号与自动并车调速控制器 EIH-212 输出的调速脉冲信号进行对应的“或”联接,从而对调速器的伺服电动机进行控制。④产生负载转移的减速信号。当 EIH-315 发出对某机组执行负载转移信号时,首先使该机组退出自动调频调载,即断开与其他机组的 EIH-322 的信号联系,并置“平均”功率信号为 0,从而产生减速信号进行负载转移。

通常有功功率是按发电机容量比例进行分配,但根据需要也可以人为的进行整定,按预定的其他比例进行有功分配。

上述各种参数的整定和信号的指示均设在相应功能卡的面板上,便于调整和观察。

2. 故障检修方法

这套装置采用插件方式,一般插件板本身故障,有故障指示灯指示。印刷电路板故障,只能更换备用板。此外,插件的接触不良,也会造成故障,这种故障现象,有时发生,有时不发生。检修方法:先找出故障功能的插件板,用手轻轻摇动,若接触上,故障就消失,说明该接触不良,把该板拔出,清洁插头、插座,然后,每个插头上涂少量导电油,插回,若此时故障还不能排除,只能更换插座。

没有输入信号,装置的功能也不能实现,所以,发现故障功能单元,首先应检查输入信号的有无,若有输入信号,应查找插件、线路的开路故障,若无输入信号,就得检查有关的电压互感器、电流互感器本身和回路。若整个装置失效,就得检查工作稳压电源。

总之,对于线路复杂装置,应对线路按说明书进行化整为零,确定功能单元模块,然后,采用替代法、比较法或测试法来找出故障模块。

例二 GAC-5C 型发电机自动控制系统

(一) GAC-5C 型发电机自动控制系统结构

图 7-37 是 GAC-5C 型船舶发电机自动控制系统原理结构图。GAC-5C 型发电机自动控制系统采用微机控制技术和线路共享传输技术。它具有手动和自动控制功能,手动控制优先于自动控制,无需切换操作。它由三大部分组成:手动控制部分,信号传输部分,GAC-5C 主控部分:

1. 手动控制部分含有:①发电机主开关的断、合控制电路,通过手动开关,进行手动合闸、跳闸,这个电路还与接岸电开关进行联锁,过流、欠压、逆功保护继电器能使主开关断路。②调速器控制电路,能够通过手动开关,进行原动机升速或降速操作。③原动机控制电路:通过手动开关,进行原动机的起动,停机操作,并具有原动机保护功能,当发生滑油压力低,冷却水温高、超速时,能够自动停机。

2. 信号传输部分:采用线路共享技术,即串行传输,它采用两种类型,一种用于开关量的传输 TM;另一种用于模拟量传输 TMA,它的原理结构图,如图 7-38 所示。它是采用软开关 S_a 和 S_b ,根据时钟脉冲进行同步切换,以致于不同的输入传输到收端的不同寄存单元,然后进行输出或读取。例如:当 S_a 在输入 1 的位置, S_b 也在寄存输入 1 单元的 1 的位置,这样输入 1 的信号就被传输到寄存器 1,进行寄存,一直保持到下一次再输入。由时钟脉冲控制 S_a 切换到输入 2,同时, S_b 也同步切换到寄存输入 2 信号的单元,进行传输,然后,再切换到 3,……直到 n 个输入,再接下去又从 1 开始,就是这样周而复始扫描输入。只要这个扫描的速度足够高于输入量的变化速度(即满足于采样定理),这种单线传输就相当于无开关的——对应的多线并行系统传输。这种的软开关是用高速的电子开关。本传输系统只有 6 根导线:二根时钟脉冲(CKP 和 CKN),二根信号线(SIGP、SIGN)和二根发送

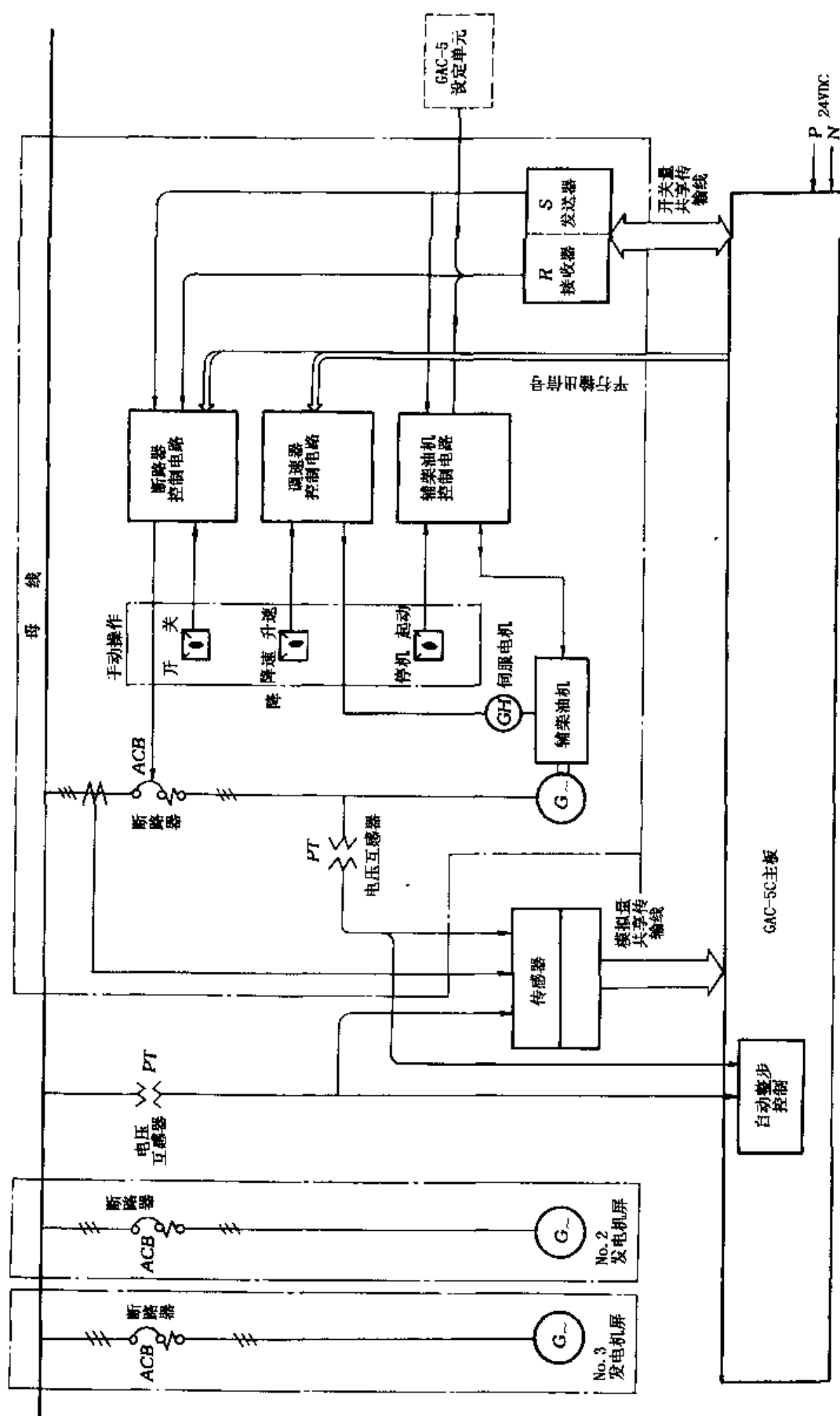


图 7-37 GAC-5C 型船舶发电机电机自动控制系统原理结构图

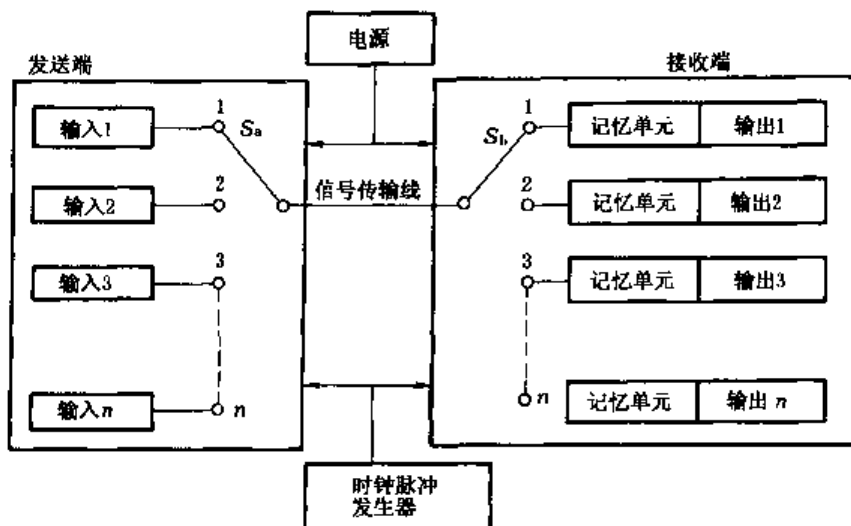


图 7-38 信号传输部分的结构原理图

器/接收器单元电源线（+12V、COM）。时钟脉冲信号线采用双根是为了提高抗干扰。

这种信号传输采用每八个为一组，而开关量传输是用双位电压信号；模拟量传输中是采用 4~20mA 直流电流信号。下面分别介绍这种传输系统的开关量和模拟量发送器和接收器。

（1）开关量的发送器

图 7-39 是开关量的发送器结构原理方框图，它是由计数器、发送器驱动电路、校验信号发送器、选择器、输入接口等电路组成。其工作原理：

由时钟脉冲发生器送来时钟脉冲给清零电路，使计数器清零，同时，用于检查一系列时钟脉冲发送器的停歇间隙。然后，时钟脉冲使计数器计数，计到发送器的该八个输入单元组的数码时，通过跨接线使该组被激活，激活电路使选择器工作，输入接口电路把每路的开关量即闭合状态输入的是 3mA 的弱电流信号，断开状态是 12V 的直流电压信号，转为双电位电压信号，选择器按输入端的顺序通过输出线驱动器放大后，传输到信号线上，当 8 路开关量信号传输完毕后，接下传输一个由校验器信号发生器的二个双电压信号，用来校核传输过程的是否正确，发送器和接收器的工作是否正常。

（2）开关量接收器

图 7-40 是开关量接收器的结构原理图，它由清零电路、计数器、激活电路、校验电路、比较电路、寄存电路、输出隔离电路和输出开关电路等组成，其工作原理如下。

当时钟脉冲发生器，送来一系列时钟脉冲，即在传输一个周期后的间歇时刻，使清零电路工作，发出一个清零脉冲，使计数器清零，然后，时钟脉冲使计数器计数，当计数器计到接收器的该 8 路单元组编码数时，使该单元接收器被激活。激活电路使数字修改控制电路、奇偶校验器电路、比较电路开始工作。信号传输线的信号送到比较电路，当每组 8 路开关量信号送来之后，送来一个奇偶信号，在接收器上的奇偶校验电路进行核验，若正确，使数字修改电路发出一个脉冲，把比较电路的结果，对原先寄存器中的数字进行修正，若当前值与过去值一样时，就不修改跳过去。寄存器的内容通过输出隔离电路和晶体管开关电路，驱动外围的指示灯或继电器。

（3）模拟量发送器

图 7-41 是模拟量发送器结构原理图，与开关量的相似，由计数器、清零电路、输入接

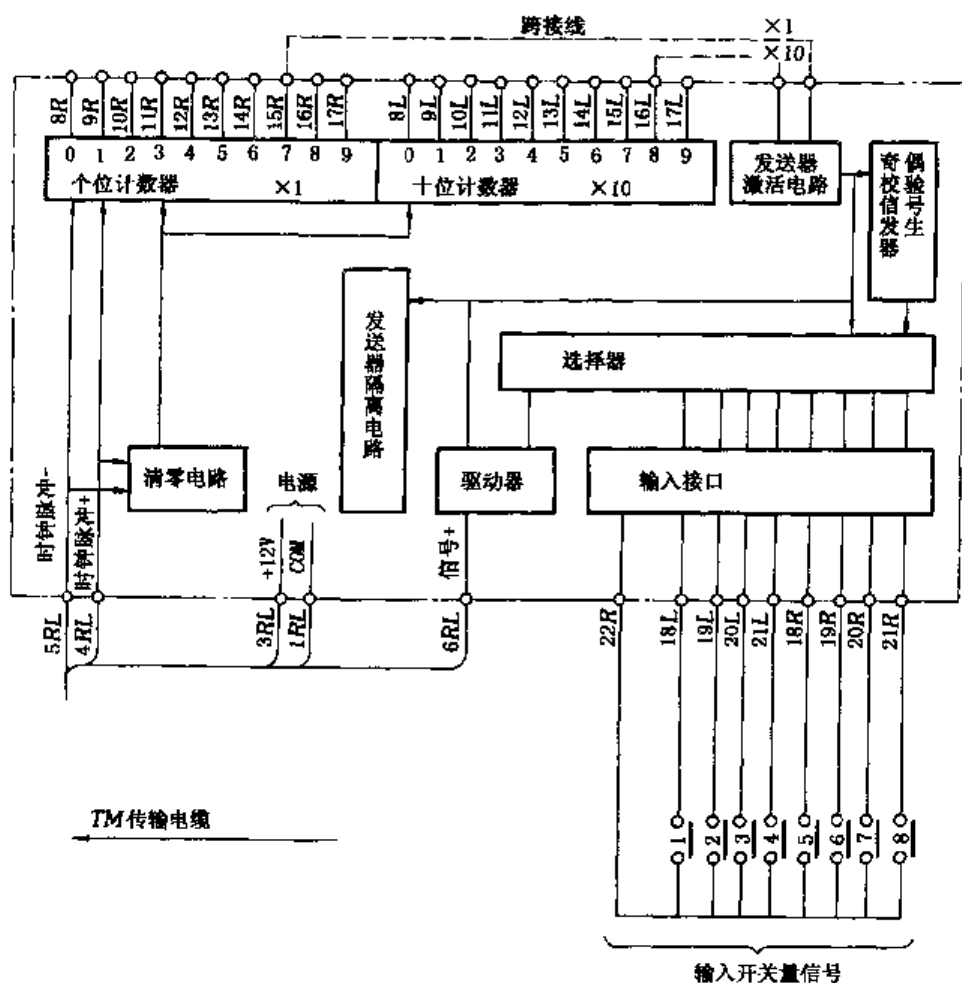


图 7-39 开关量发送器的结构原理图

口电路、输出信号驱动电路等组成，其工作原理如下。

时钟脉冲的间歇时刻，（即发送一个周期未了时刻），清零电路发出一个清零脉冲给二进制计数器和二~十进制译码器，进行清零，开始新一轮传输，然后时钟脉冲来使二进制计数器进行计数，通过二~十译码器，得到数码与该发送器单元组的编码一样，跨接线上就有高电位，使该单元组的输入接口电路工作，输入接口电路把传感器的信号（电阻量的输入是0%对应的是100Ω，100%对应的158Ω，而电压信号是0~500mV转换为4~20mA的电流信号）。通过传输线驱动电路送到传输信号线上。二进制的计数器的输出同时用于控制输入接口电路的传输一开关，以便与GAC主控板的输入接口同步。

3. GAC-5C型主控部分

图 7-42 是 GAC-5C 型主控部分的结构原理方框图，它由工作电源、CPU 处理、输入、输出接口和自动整步控制等部分组成。

(1) 直流工作电源

从船电的 24V 直流电源通过有源滤波送到 DC/DC 变换电路进行稳压调节，获到稳压直流电源送给各个印刷电路板。

(2) CPU 和记忆单元

它在 EMW-1101A 印刷电路板上，CPU 是莫托劳纳的 MC6802 处理器，采用 8 位平行处理，EPROM 有 40K，RAM 有 16K 容量。

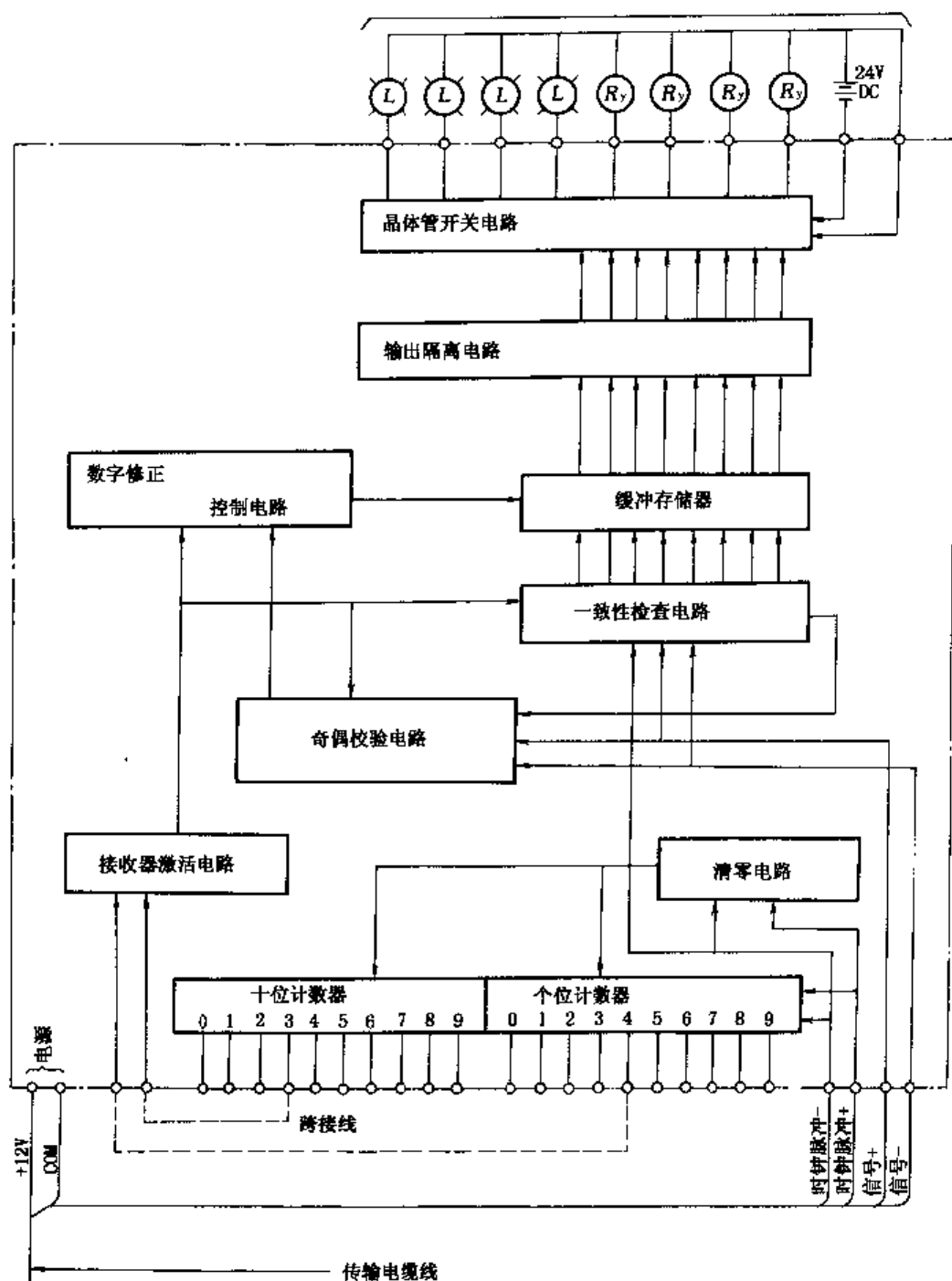


图 7-40 开关量接收器的结构原理图

(3) 输入、输出接口

①模拟量输入接口 (EMW - 1301)

这个模块包含有 TMA 传输系统的基本控制功能，如：时钟脉冲发生，通过总线把模拟量通过本身的模数变换器变换的数字信号送到 CPU 处理板上。它有模数变换器，输入隔离电路等。

②开关量输入接口 (EMW - 1501)

这个模块包含有 TM 传输系统的基本控制功能，并且两个 TM 传输系统是相互独立，二个 TM 的数字量传送给 CPU 板通道是电气隔离的。

③并行输入/输出接口 (EMW - 1401A)

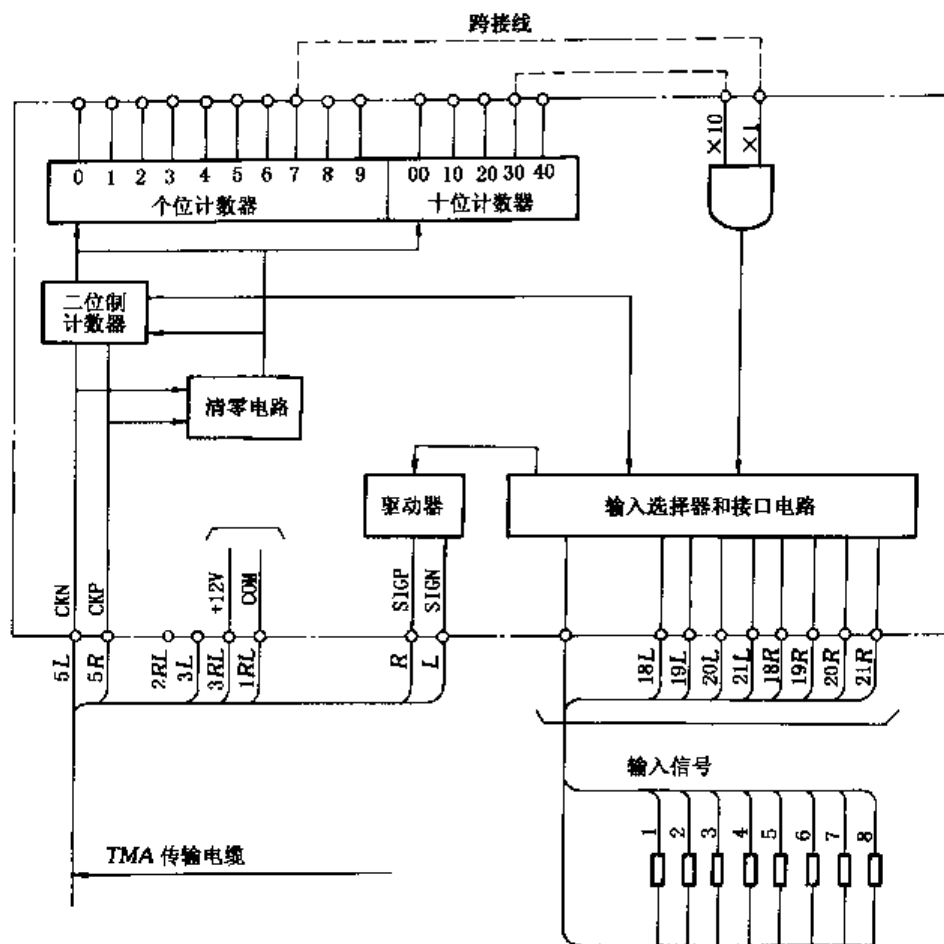


图 7-41 模拟量发送器结构原理图

这个模块是直接连接 GAC-5C 型主控部分的并行输入、输出与 CPU 处理单元的接口。它平行输入内部操作 (EMW-1812) 的滤波器选择开关信号。而并行输出调速器的上升或下降，主开关 ACB 的闭合开关信号，当报警时，并行输出驱动报警发光二极管发亮。

④报警板和内部操作板 (EMW-1812)

通过内部操作面上的按钮，对它内部参数进行整定，操作方式的设定等操作，由平行输入、输出口送来各种报警信号，如 CPU 不正常，TMA 不正常，A/D 转换器不正常，自动同步单元不正常等，使发光二极管发亮进行声光报警。

4. 自动整步部分

发电机的电压通过电压互感器降压隔离后，由选择开关电路送到自动整步部分，同样，电网电压也是通过电压互感器降压隔离后送到自动整步部分，进行自动整步并车控制。

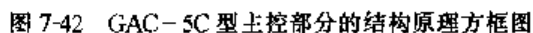
(二) GAC-5C 型发电机自动控制系统功能

GAC-5C 型发电机自动控制系统的功能可分为两大功能：一个是备用发电机的自动启动功能 (GAC-UMS)，实现无人机舱，另一个是电站功率的自动管理 (GAC-PHS)，实现节能、高效的目的。下面分别介绍实现两个功能的方法。

1. 备用发电机的自动控制

(1) 备用发电机的自动启动

当由 GAC 的电站功率管理系统来了增机信号、外部来的增机信号或运行机组发生如下故障之一：①发电机电压低于 ($60\% \sim 100\% U_{GN}$)；整定点延时 ($0 \sim 30s$ 整定)；②主开关



278

按照备用机组设定顺序开关上的设定进行起动原动机。

(2) 原动机停机控制

当 GAC-PMS 子系统送来解列信号，首先检查“停机”操作条件：①发电机在电网上；②相应的控制开关在对应正确位置，当这些条件满足，按备用机组顺序开关上的逆时针方向上的第一台号机为解列机组。GAC-5C 的主控板通过 TM 传输系统，向调速器控制电路发出减速（解列机组）和加速（留用机组）信号，进行负荷转移，当发电机负荷减到 2% 左右，GAC-5C 主控板又通过 TM 系统向主开关控制电路发出跳闸信号，进行跳闸操作；跳闸解列，然后，GAC-5C 型主控板向解列的原动机控制器发出停机操作。

2. 电站功率自动管理

(1) 增减机控制 (GAC-PUS-G)

GAC-5C 型的主控制板把各台在网运行的发电机的电压，电流模拟量，通过 TMA 传输系统，通过采样和模/数转换计算出各机组的功率，然后按下式：

$$K_L = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Li}}{\sum_{i=1}^N P_{Ri}}$$

式中： P_{Li} ——第 i 台运行机组的实际负载功率，kW；

P_{Ri} ——第 i 台运行机组的额定负载功率，kW；

N ——在网运行总台数。

求出各台的负荷系数，当负荷系数高于 $[(50\% \sim 100\%)P_R]$ 内整定，延时（0~30s 内整定）就形成增机信号，当负荷系数低于 $[(50\% \sim 100\%)P_R]$ 延时（0~40min 内整定），就形成减机信号，注意增机的负荷系数整定值总是高于减机的负荷系数。

(2) 优化负荷分配控制 (GAC-PMS-TG 或 SG)

这个功能只有在废气涡轮发电机或轴带发电机的复合船舶电站中得到实现。它就是利用主调发电机法进行分配有功功率，大家知道，利用废气涡轮或轴带机发电机，可节能、经济运行，提高营运经济效益，所以，本子系统充分利用这些机组发电机，然后，辅柴油发电机组进行辅助调节电网功率，它是按图 7-43 曲线进行调节的。当负荷低于废气涡轮或轴带发

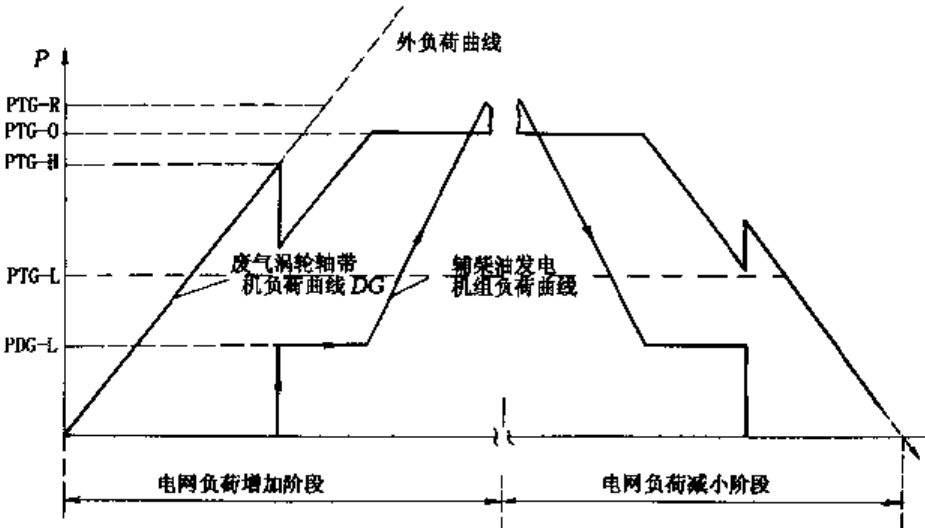


图 7-43 优化负荷分配曲线

电机基本负载能力时, 废气涡轮或轴带发电机单独运行, 当负载增加到要求起动辅柴油发电机的整定值 $PTG-H$ 时, 就起动辅柴油发电机, 使其承担一定的负荷值, $PDG-L$, 并保持不变。然后电网的负荷增加, 也是由废气或轴带发电机承担, 一直承担到废气涡轮或轴带发电机的通常运行值 $PTG-0$, 并保持不变, 这时, 电网功率若再增加时, 辅柴油发电机来承担。若电网负荷在减小, 首先减少辅柴油发电机负荷, 一直减到 $PDG-L$ 值, 然后再减少的话, 废气涡轮或轴带发电机负荷才减少, 若电网功率继续减少, 废气涡轮或轴带发电机负荷减到 $PTG-L$ 时, 这时, 辅柴油发电机负荷移动废气涡轮发电机上, 切除柴油发电机组, 由废气涡轮发电机单独承担电网负荷, 这时, 废气涡轮发电机负载小于要求起动辅柴油发电机组的整定值。

(3) 重载询问 (GAC-PMS-M)

图 7-44 是重载询问原理图, 当要起动大功率电动机时, 按下起动按钮, 与起动按钮连

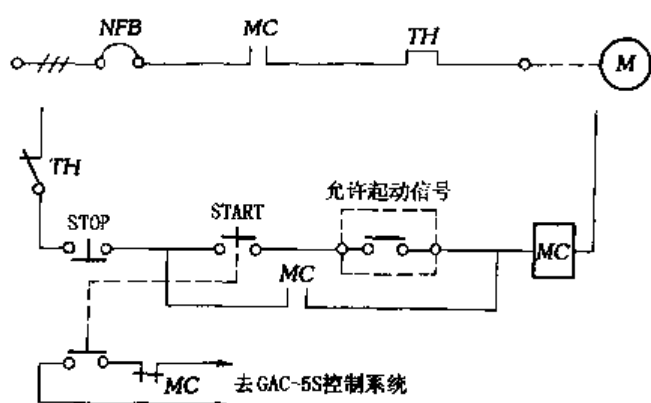


图 7-44 重载询问原理图

动的开关按钮就闭合, 给 GAC-5C 主控系统发出要起动某大功率电动机, GAC-5C 控制单元接收到‘这个开关量信号后, 进行电网储备功率计算, 若有足够的储备功率, 就允许起动开关接通, 起动该电机, 若储备功率不足, 就发出起动备用发电机组指令, 进行自动起动、自动并车投入运行, 然后, 再按下该电动机起动按钮, 进行起动。

(4) 自动调频调载控制

由电网电压互感器降压隔离后, 通过 TMA 传输系统, GAC-5C 主控系统采样到现时电网频率, 与额定值比较, 即 $\Delta f = f_N - f_w$, 根据 Δf 的偏差值的正、负值, 对各运行机组进行升速 ($\Delta f > 0$) 或降速 ($\Delta f < 0$)。

负荷的自动分配: 是按 $\Delta P_i = P_{iT} - P_{iA}$ 计算, P_{iT} : 第 i 台应承担的负载, P_{iA} : 第 i 台实际承担的负载, 根据 ΔP_{iT} 的正、负值, 对第 i 台机组进行负荷转移操作, 即 $\Delta P_i > 0$ 应加速或 $\Delta P_i < 0$ 应减速。若需解列某台机组, 就设定该机组的应承担负载 $P_{iT} = 0$, 这时就使该台机组减速, 同时留用机组的应承担的负载就增加, ΔP 是大于 0 的, 就会进行加速, 进行自动负荷转移, 当转移到解列机组为 $2\% P_N$ 功率后跳闸。

主控板根据计算结果的偏差值的正、负, 送出加速或降速信号, 通过输出接口电路 (EIC-141), 转变为继电式, 直接控制调速器上的伺服马达正转或反转, 使原动机加速或减速。

3. 自动整步控制

它与 GAC-2S 型有点相似, 由三块印刷电路板来完成, 同步条件检查 (EIH-221), 频率预调 (EIH-222) 和输出接口 (EIC-141)。

① 同步条件检查 (EIH-221)

电网和待并机的电压通过电压互感器 PT 降压隔离后直接送到同步条件检查模块, 进行检查两者的电压偏差是否在允许偏差范围之内 (一般整定为 3%), 检查两者的频率偏差是否在允许偏差范围之内 (通常整定 0.3Hz), 若这些条件满足: 插件面板上合闸红色指示灯亮, 合闸时间捕获电路就在同相位提前一个时间 (一般整定在 130ms), 向输出接口模块 (EIH-141) 发出允许合闸信号。

②频率预调 (EIH-222)

同样, 电网和待并机的电压通过电压互感器 PT 降压隔离后直接送到频率预调板 (EIH-222), 检查频率差, 根据频率差, 产生一个调速器控制信号, 即当待并机的频率低于电网频率时, 进行加速控制。反之, 进行减速控制。加、减速控制的脉冲是 5s 为周期, 而且, 根据频率差的大小和调速器的特性进行整定。调速器控制脉冲也是通过输出接口模块送出, 使调速器的伺服马达正转或反转调速。当发出加速或减速信号时, EIH-222 插件面板上的对应的红色指示灯会发亮。

③输出接口 (EIC-141)

合闸和调速控制信号都通过该模块送出。它是把 EIH-221 和 EIH-222 送来的信号进行放大, 然后以继电的形式输出, 其内部各个电路图, 如图 7-45 所示。

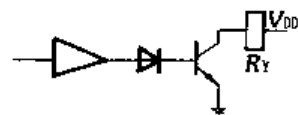


图 7-45 输出接口电路

(三) GAC-5C 型发电机自动控制系统整定和故障检修

1. 系统参数整定

①对于单值的参数, 已由制造厂家存储在 EP-ROM 中, 用户不可调节。

②对于多值参数, 由整定面板上的 3 位开关来整定, 其对应的值已经存储在 EP-ROM, 整定面板上的开关量通过 TM 传输系统送入主控板。

③码盘整定: 对废气涡轮或轴带发电机的通常运行值 PTG-0 的整定, 通过 TM 传输系统送入主控板。

2. 故障检修方法

这套发电机自动控制装置是微电脑控制, 它本身有自检功能, 并在面板上和内部操作板上有故障报警指示: ①直流电源中断指示; 电源指示灯灭; ②系统不正常; ③CPU 不正常; ④TM 传输系统不正常; ⑤TMA 传输系统不正常; ⑥模数 A/D 变换器不正常; ⑦传感器不正常; ⑧整步工作电源 (+12V 和 -12VDC) 不正常。根据这些指示, 就可方便找到故障印刷电路板或外围设备。

当 GAC-5C 型控制系统发生故障时, 首先进行切换操作, 即由自动切换为手动操作, 来确认是 GAC-5C 的主控系统的印刷电路板故障, 还是原动机的控制电路、调速器控制电路、主开关控制电路故障, 若是主控系统上印刷板故障, 就得分别按如下查故障流程图来检查。

(1) CPU 不正常故障

CPU 不正常的故障检查流程图, 如图 7-46 所示。

(2) TM 开关量传输系统异常故障

图 7-47 是 TM 开关量传输系统异常的故障检查流程图。

(3) TMA 模拟量传输系统故障

图 7-48 是 TMA 模拟量传输系统故障检查流程图。

(4) A/D 变换器故障

图 7-49 是模/数变换器故障检查流程图。

(5) 传感器故障

图 7-50 是传感器故障检查流程图。

(6) 整步电源故障

图 7-51 是整步电源故障检查流程图。

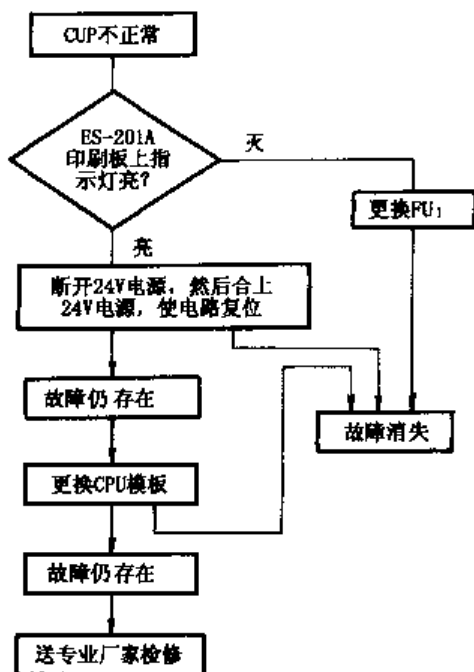


图 7-46 异常故障检查流程图

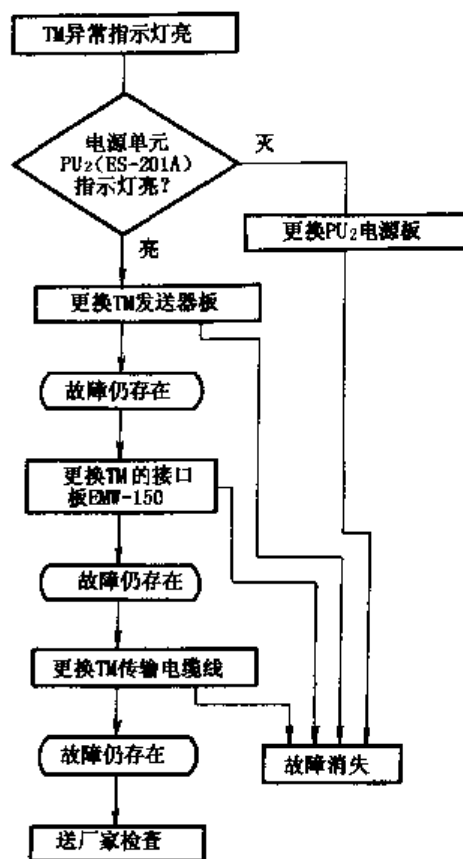


图 7-47 TM 传输系统异常的故障检查流程图

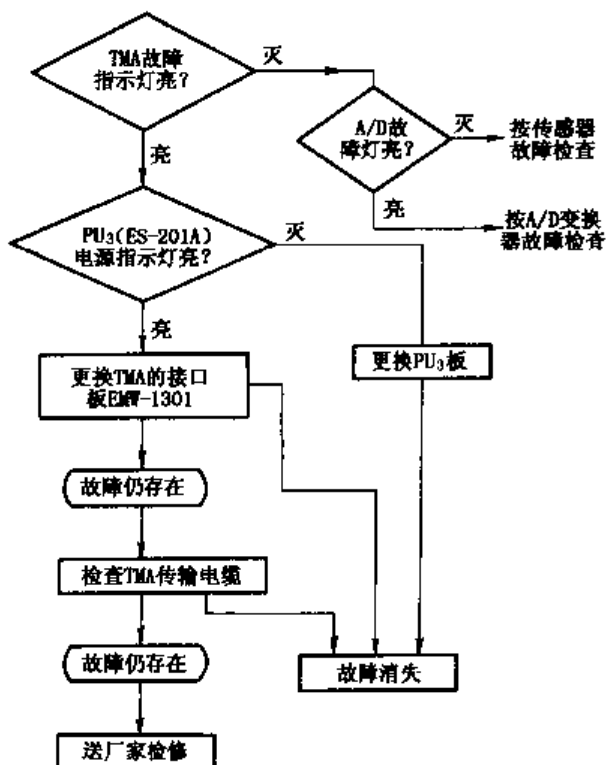


图 7-48 TMA 模拟量传输系统故障检查流程图

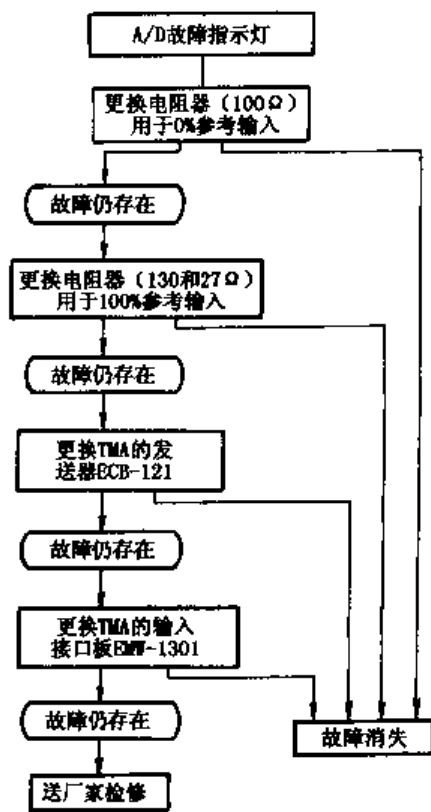


图 7-49 A/D 变换器故障检查流程图

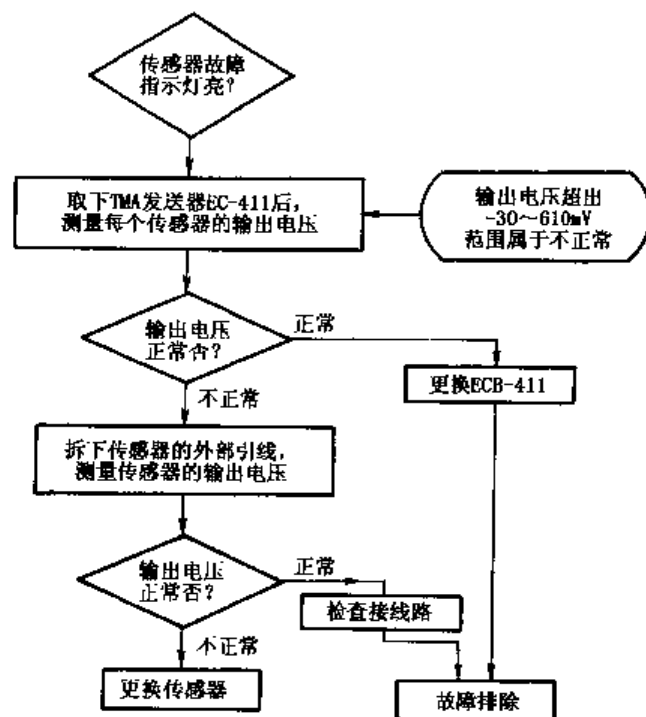


图 7-50 传感器故障检查流程图

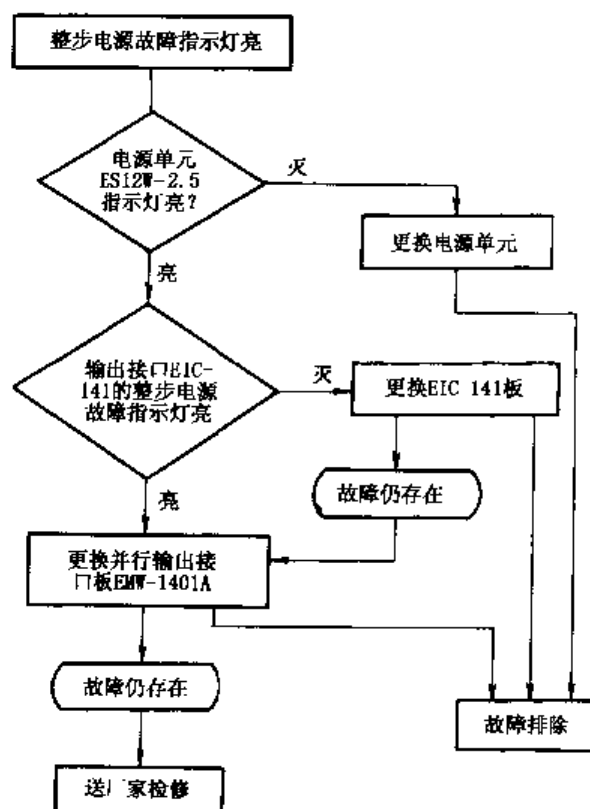


图 7-51 整步电源故障检查流程图

(7) 自动并车故障 (ASF)

图 7-52 是自动并车故障检查流程图

1#当自动并车故障, A 到 C 继电器的的工作原理情况

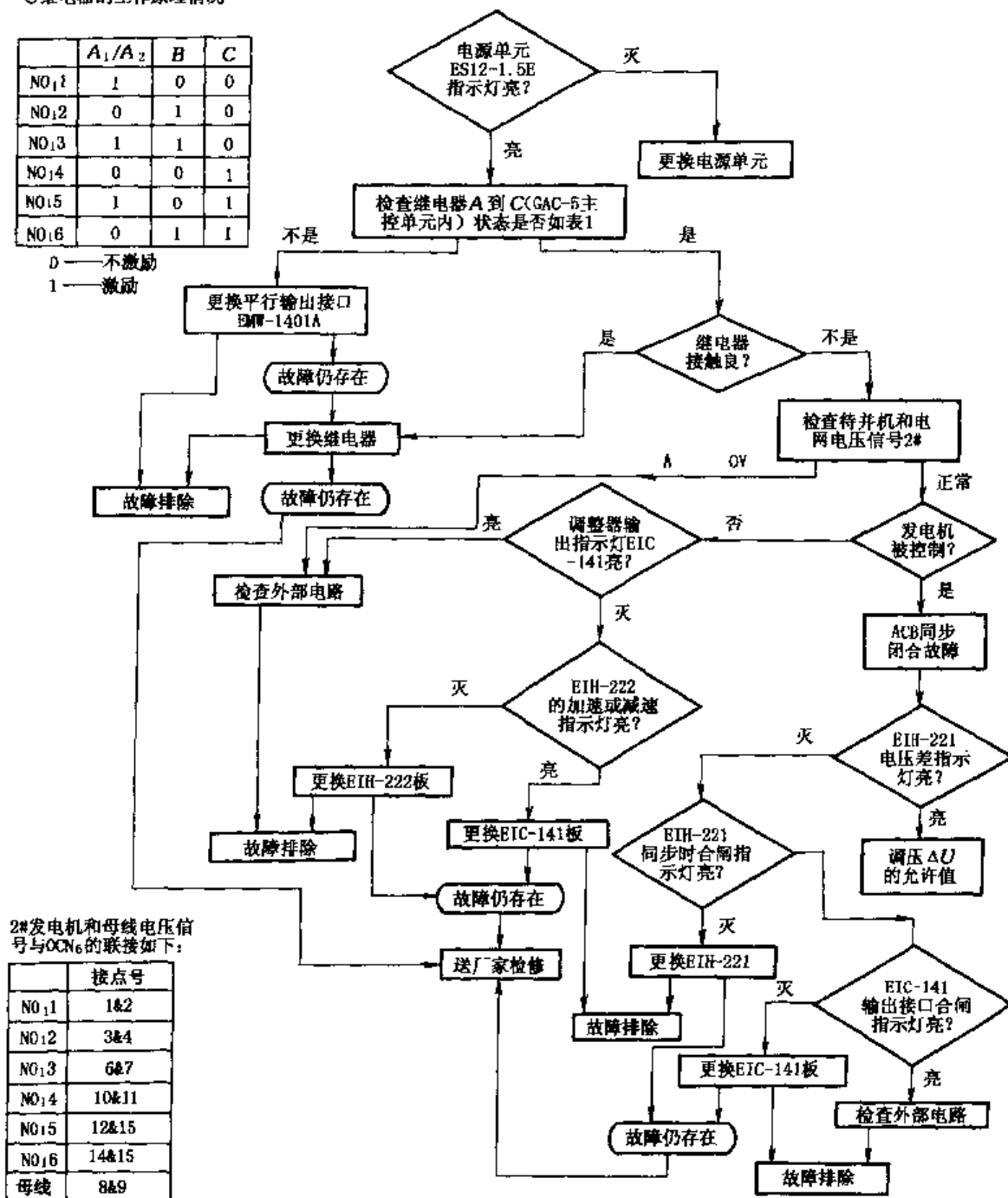


图 7-52 自动并车故障检查流程图

(8) 自动负荷分配控制故障

图 7-53 是自动负荷分配控制故障检查流程图。

(9) 主开关不能闭合故障

图 7-54 是主开关不能闭合故障检查流程图。

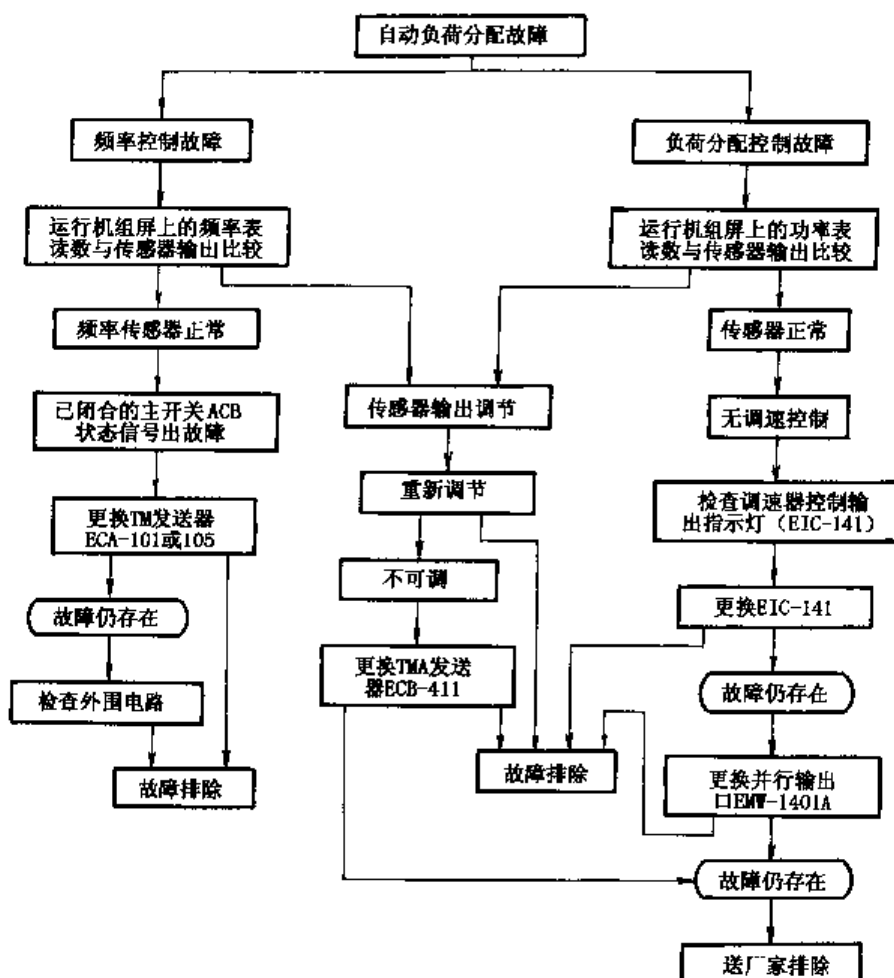


图 7-53 自动负荷分配故障检查流程图

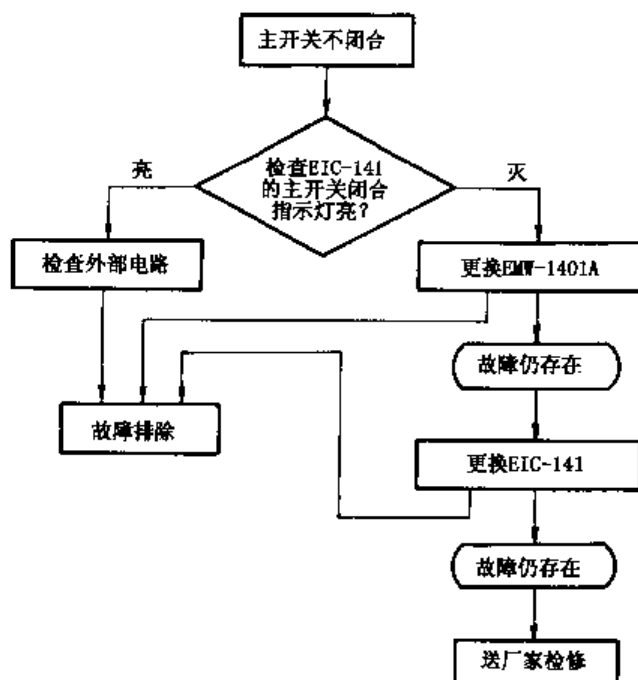


图 7-54 主开关 ACB 不能闭合故障检查流程图

(10) 其他故障

有些故障微电脑无法自行检测出来,系统故障报警中灯就没有办法指示,这时,首先检查发电机控制屏上和 GAC-5C 型控制板上的开关或控制开关是否在正确的位置,若这些无误,可做如下处理:

- ①逐一替换 TM 传输系统的发送器板。
- ②逐一替换 TM 传输系统的接收器板。
- ③检查 TM 传输系统的发送器,接收器的输入、输出的外部电路。
- ④检查 TMA 传输系统的发送器输入的外部电路。
- ⑤系统重新起动,消除干扰所造成暂时失效。

总之,对于微机控制系统的检修,采用备用板,没有办法排除故障时,应着重检查外围连接线路和元件。以及参数设定值是否正确。

第四节 轴带发电机系统的维修

一、轴带发电机系统的分类和工作原理

众所周知,在年航运时间比较高的船舶采用轴带发电机系统,是最有效的节能途径,如定期集装箱船、矿砂船等。按主机转速可分为:可调螺距单向恒速轴带发电机系统,与常规辅柴油发电机没有什么多大差别,只不过主机转速低,需一套增速装置。另一类是可变速双向的主机轴带发电机系统,该类需要一套恒频装置,根据恒频方案的不同,又可分为:

- (1) 机械式(采用行星齿轮系);
- (2) 液压式;
- (3) 电磁滑差式;
- (4) 静止元件恒频(即 SCR 变频装置);

目前大部分采用静止元件恒频装置,这里仅讨论这种装置,以“AEG”可控硅轴带发电机装置为例,其原理方框图,如图 7-55 所示。该装置具有如下功能:

- (1) 保持轴带发电机的输出电压的频率恒定;
- (2) 保持轴带发电机装置输出电压恒定;
- (3) 能够与辅柴油发电机组并联运行;
- (4) 自动操作功能;
- (5) 短路故障自动处理功能;
- (6) 操作模拟演示。

下面简要说明各功能的工作原理。

1. 恒频控制原理

恒频主要是通过补偿有功功率以满足轴带发电机装置负载的要求,为了说明其原理,把主电路图画出,如图 7-56 所示。

根据半导体变流技术知识,就可得到:

$$U_{SG} = (3\sqrt{2}/\pi) U_G \cos\alpha \quad (7-1)$$

式中: U_G ——轴带同步发电机输出的线电压有效值;

α ——整流器的整流控制角。

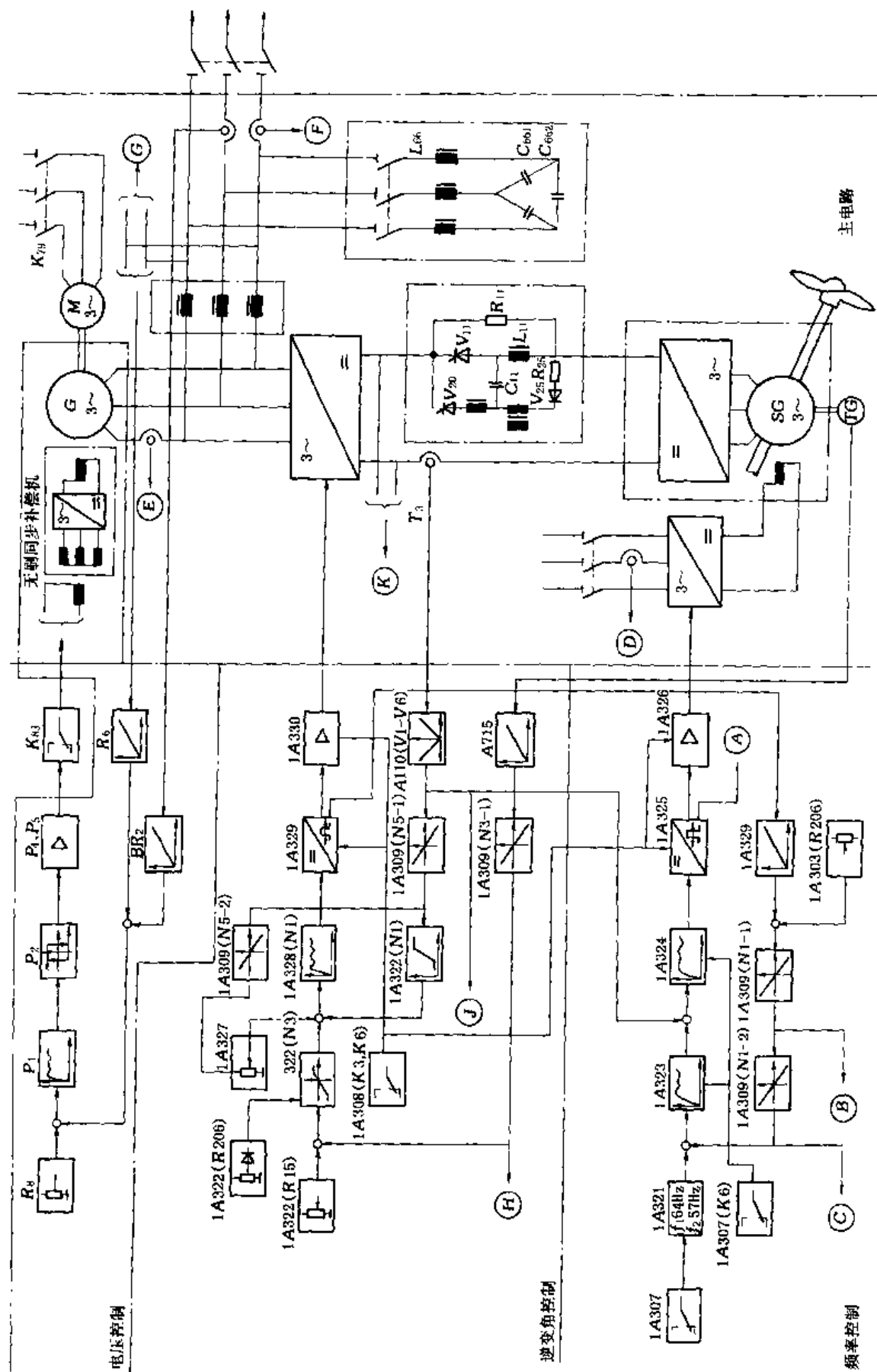


图 7-55 “AEG” 可控硅桥发电机电控系统原理方框图

$$U_{IN} = (3\sqrt{2}/\pi) U_1 \cos\beta \quad (7-2)$$

式中：\$U\$——逆变器的交流输出电压有效值；

\$\beta\$——逆变器的逆变角。

由图 7-56 可得：

$$I_d = \frac{V_{SG} - V_{IN}}{R_{eg}} \quad (7-3)$$

式中：\$R_{eg}\$——中间有直流电路的直流等值电阻。

不计逆变器功率损耗，轴带发电机装置的输出功率就为：

$$P = I_d \cdot U_{IN} \quad (7-4)$$

当逆变角不变时，\$U_{IN}\$就为恒定（即在额定转速段），从式（7-4）可见，输出功率 \$P\$ 正比于中间直流电路的电流 \$I_d\$；另一方面，从式（7-1）、式（7-3）可见，中间电路电流是随 \$U_{SG}\$ 变化而变化，而整流器控制角 \$\alpha\$ 不变，事实上，在额定功率段，整流器控制角 \$\alpha \approx 0\$，所以，\$U_{SG}\$ 受轴带发电机的励磁电流控制。故轴带发电机装置的输出功率可用轴带发电机的励磁电流 \$I_{SG}\$ 控制——称为频率控制环节，见图 7-55。

轴带发电机装置的输出频率与作为过激的同步补偿器的转速成正比，其驱动电源就是系统电压，即逆变器的交流输出电压，在图 7-56 中，逆变器输出功率 \$P_B\$ 和同步补偿器的输入功率 \$P_{RC}\$、电网负载功率 \$P_A\$ 之间有：

$$P_B = P_A + P_{RC}$$

在这种情况下，负载增加 \$\Delta P_A\$ 时，增加的功率就由同步补偿器临时供给，其驱动功率为 \$(P_{RC} - \Delta P_A)\$，其结果使同步补偿器转速下降，频率也降低，通过电气线路检测出频率的变动，再通过调整轴带发电机励磁，从而调整“轴发”输出电压 \$U_G\$，使 \$U_{SG}\$ 发生变化来控制逆变器的输出功率，平衡电网负载。其频率和输出功率特性曲线如图 7-57 所示，与柴油发电机组，废气涡轮发电机的 \$f-P\$ 曲线一样，可与其他发电机并联运行。

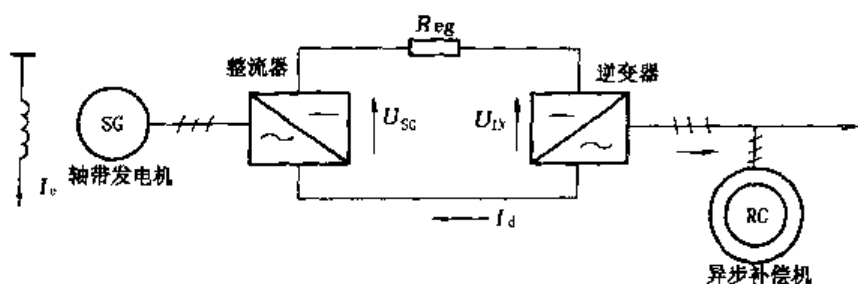


图 7-56 轴带发电机系统主电路原理图

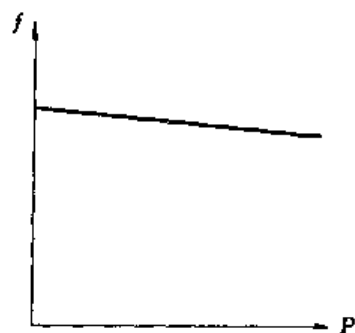


图 7-57 频率与功率特性曲线

2. 恒压原理

为了达到恒压目的，轴带发电机系统必须提供无功功率来平衡电网的无功负荷，该装置是采用一台动态性能好，具有大功率晶体管自动电压调整器的过激同步机来产生无功功率，它不仅提供了负载所需的无功功率，而且它提供逆变器及电抗器的无功功率。

逆变器所需的无功功率：

$$Q_i = \sqrt{3} V_{IN} I_i \sin\varphi_i \quad (7-5)$$

式中：\$\varphi_i = \cos^{-1} \left(\frac{3}{\pi} \cos \frac{\gamma'}{2} \cos \left(\beta - \frac{\gamma'}{2} \right) \right)\$

调压过程：

$Q_{loadi} \uparrow \rightarrow U \downarrow \rightarrow$ 同步补偿器调压器作用 $\rightarrow$ 其励磁电流 $\uparrow \rightarrow U \uparrow$

轴带发电机装置的电压特性, 由于同步补偿器的输入电压就是汇流排电压, 轴发装置的电压特性即为同步补偿器的电压特性, 其电压特性是由同步补偿器的自动电压调整器控制。与普通发电机几乎相同, 能够与这些发电机组并联运行, 其电压变动可控制在 $\pm 2.5\%$ 范围内。

3. 并联运行

并联操作与辅柴油机组相同, 由于 $P-f$ 和 $U-Q$ 的有差曲线, 都是并联稳定运行先决条件。所以能做到合理分配有功、无功功率。这里就不赘述, 参见有关操作说明。

4. 轴带发电机装置短路电流提供

轴带同步发电机是一种他激式交流同步发电机, 与普通同步发电机相反, 它没有阻尼绕组, 因而有较大的暂态电抗, 以致定子绕组中几乎没有高次谐波电流, 这样发电机的短路冲击电流小, 而且一发生过流, 直流主电路中 SCR 关断, 不会造成整流器、逆变器的 SCR (或二极管) 损坏。

而同步补偿器的暂态电抗、次暂态电抗明显比轴带同步发电机小, 所以, 电压变动或短路时的暂态过程主要取决于同步补偿器流向短路点的电流达到最大, 如图 7-58 所示。这时, 同步补偿器如同一台发电机, 其励磁由复励来保证, 由于同步补偿器的飞轮把储藏的能量释放出来, 所以, 能持续供给短路电流。

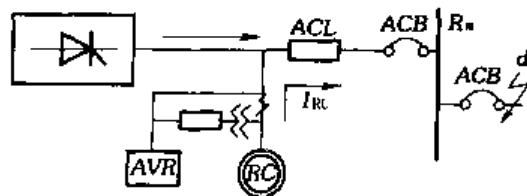


图 7-58 轴带发电机装置短路电流的流向图

二、轴带发电机装置的维修

(一) 轴带发电机装置的起动过程

轴带发电机装置的起动是按程序自动控制, 整个系统的起动过程如下:

1. 接通可控硅轴带发电机系统电源、交流 440V 和直流 24V。

2. 检测起动条件

①整个系统无任何报警;

②主机转速大于“轴发”所允许的最小转速。

3. 满足起动条件, 在主配电板上“‘轴发’电机可以起动”指示灯亮, 按下起动按钮, 起动程序自动执行, 接通同步补偿器的拖动电动机。

4. 检测同步补偿器的剩磁电压的频率, 即检测同步补偿器的转速, 当加速结束时, 自动接通同步补偿器的励磁。

5. 当同步补偿器建立电压后, 自动接通轴带发电机的励磁, 逆变器上加脉冲, 为其投入运行做好准备。(若装置整流器是二极管整流到这里为止, 系统就处于空载运行, 完成第一阶段起动。)

6. 检测起动条件

①轴带发电机的励磁电源开关是否闭合;

②逆变器是否有触发脉冲。

7. 当条件满足, 产生主整流器触发脉冲。

8. 接通频率控制环节和逆变角控制环节, 当主整流器整流电压略大于逆变电压时, 逆

变器开始工作,处于空载运行。

9. 进行并车操作:可手动或自动并车,当 Δu 、 Δf 、 $\Delta\varphi$ 条件满足时就可合上“轴发”的断路器 ACB。

10. 负荷转移。

11. 根据选择单机,并联运行,进行负荷分配或解列辅柴油发电机组。

(二) 轴带发电机装置的维护

由于采用静止元件轴带发电机装置,其器件的失效率为常数不需要进行定期拆检维护,其维护就变为清洁、环境改善的工作,故日常保养,要保持风冷系统工作正常、风道清洁、元器件表面清洁,检查接线头是否松动等。

(三) 轴带发电机装置的故障检修

轴带发电机装置都有巡回检测系统和模拟试验装置,维修管理人员借助这些系统和装置的指示,再根据具体轴发装置的原理,控制流程及各组件的功能,判定故障性质,缩小故障范围,确定故障点,排除故障。下面以“西门子”可控硅轴带发电机装置不能起动故障为例说明检修方法。

可控硅轴带发电机系统如果出现任何故障,起动程序则不能顺利执行,装置就无法起动。如同步补偿器不能建立正常电压,测量点置于 080 时,数字显示器无显示,如图 7-59 所示。

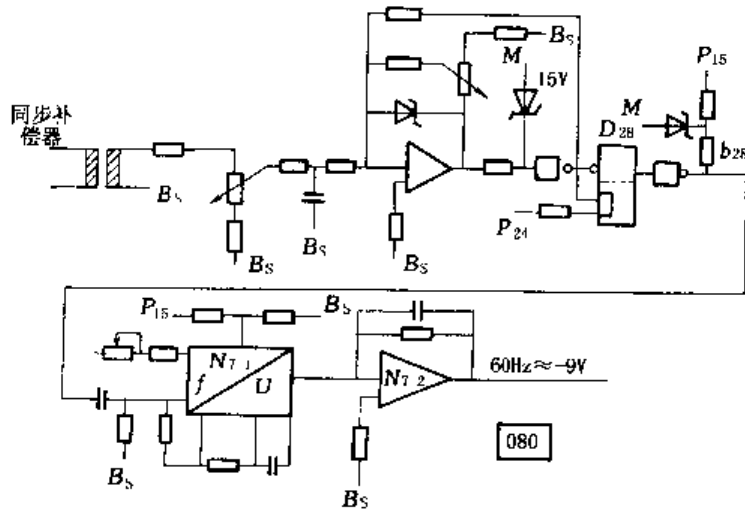


图 7-59 同步补偿器频率监视电路 U_{32}

可控硅轴带发电机有三个起动条件,主机转速大于轴带发电机所允许的最低转速即满足起动条件,这时,在主配电板上“轴带同步补偿器运转”指示亮,当按下起动按钮,起动程序自动执行,拖动同步补偿器运转,同步补偿器输出剩磁电压,电压的频率与转速成比例,用图 7-59 线路检测同步补偿器的转速,当同步补偿器的转速上升到允许值 (54Hz) 时,差动放大器 Z_8 端输出“1”信号,如图 7-60,此“1”信号送到 $R-S$ 触发器 $D_{301/6}$, S 端输出“1”信号、起动单稳态触发器 D_{243} ,使 d_{10} 端出现一个持续 15s 的“1”信号,送到与门 $D_{111/2}$ 的 d_{16} 端的输入,与门 $D_{111/2}$ 当主机的转速大于基速 n_{gr} 时,输入端 b_{18} 也为“1”信号,使得与门 $D_{111/2}$ 输出“1”信号,触发 $R-S$ 触发器 D_{311} ,经驱动放大器 D_{821} ,继电器 K_{81} 通电动作,接通同步补偿器的励磁,使其起压。

起动时经观察,接通同步补偿器励磁继电器 K_{81} 未动作,使起动程序无法顺利执行。继电

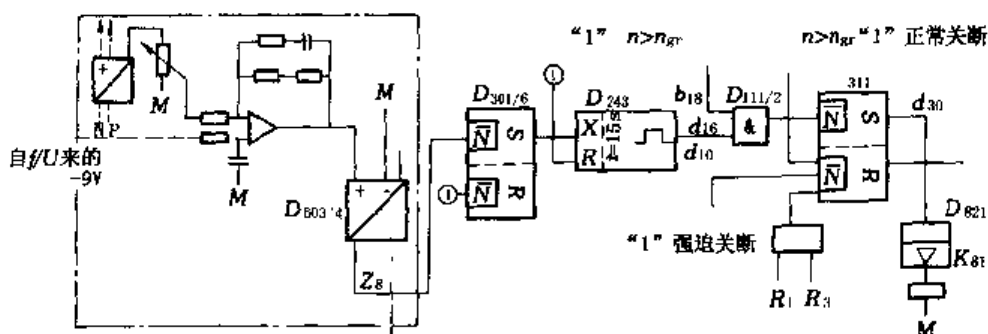


图 7-60 同步补偿器励磁控制电路

器 K_{81} 动作与否取决于两个因素，同步补偿器频率监视环节与起动逻辑电路。正常情况下，080 测量点随着同步补偿器转速增加，而现在无显示，说明故障在 080 测量之前的环节。

同步补偿器的频率监视环节是一个组合插件，参见图 7-59，这个组合插件可分为两部分： b_{28} 前是波形变换，把正弦波变为方波， b_{28} 后是频率→电压变换器，输出电压随频率的增加而增加。当同步补偿器的频率为 60Hz 时，输出为 -9V。

经检查测量，同步补偿器频率检测环节中的波形变换正常。很显然，此故障就出于频率电压变换器工作不正常，最后，更换频率电压变换器 N_{71} ，系统就正常起动，一切正常工作。

第五节 船舶电站的调试

对于新建的或者经过大修以后的船舶电站，必须按照中国船级社颁发的《钢质海船入级与建造规范》的要求，进行检测、试验和调整。这是一项关于船舶电站质量，保证船舶安全航行的重要工作，必须认真、精心地做好每项调试内容。船舶电站调试都在系泊时，由船舶造船厂或承修船厂会同接船单位或船舶电管人员、船舶检验部门一起进行。其调试方法与其它船舶电气设备的调试方法一样，也是先“化整为零”。把每个单元先调试好，然后，整个电站联调。单元的调试也是先“手动”操作，后调试“自动”操作。因此，对于维修人员也是应该知道怎么调试，调试哪些内容，对于船舶电管人员也应该知道怎么调试，调试哪些内容，这样才能真正做到监调、验收，保证检修质量。若船舶电管人员进行电气设备的大检修，也应该进行调试（特别是模拟调试），确认检修质量后，方可与其它接线进行通电试验，否则，若误修或误接线会造成其它设备的损坏。所以，掌握电气设备的调试方法与维修方法同样重要，下面分别介绍船舶电站各部分的调试方法和步骤。

一、发电机和调压器的调试

发电机和调压器的调试根据调压器类型不同而不同。

（一）发电机与不可控相复励调压器配合的发电系统调试

1. 在调试期间，为保证配电板上其它用电设备的正常供电，应把发电机控制屏的隔离排断开，与主开关联锁的电路暂时断开。
2. 为了便于调试，应在移相电抗器与发电机之间接入一只三相隔离开关和一只电压表。
3. 对照图纸核对发电机与调压器，调压器本身的接线是否正确。
4. 测量发电机、调压器的冷态绝缘电阻，一般在 $1M\Omega$ 以上。

5. 对于长期停用检修的发电机或新安装发电机进行充磁。

6. 空载试验：看是否建立电压，若在充磁期间建立电压，但不能自励建立额定电压，可能充磁的电流的极性与调压器输出极性相反，调换充磁电池的引线接头，仍不能建立电压，应按第二节的“一”的故障检修方法来检查。建立电压后，应进行空载电压校验，在原动机额定转速下，空载应在额定值的 $\pm 10\%$ 以内，否则，按第二节的“一”对应故障进行检查、排除故障。用调速开关，试验调速器接线是否正确、工作是否正常。核对配电屏上的电压表读数与外接线或万用表测量的读数一样，用切换开关分别测量三相电压，看其是否对称。

7. 当空载试车各方面正常后，方能进行负载调试：首先进行纯电阻负载试验，①接好水电阻桶线路，接在主开关之后的隔离排端子上，起动原动机，发电机建立电压后，合上主开关，调节水电阻桶的调节手柄，使电阻值慢慢减小，到 $10\% I_{GN}$ 时，用钳形表测三相电流，与控制屏上电流表的读数是否一样，并检验三相电流是否对称。此时，也检验功率因数表，功率表等表头是否正常、准确。②从空载到满载逐步加载，记录若干对应的电压、电流、功率、频率等数值，然后作出发电机外特性曲线 $U = f(I)$ ，如图 7-61 所示，进行分析。一般电阻性负荷的电压调载率不会超过 $5\% \sim 10\% U_N$ ，如果大于此数值，应适当减少输出绕组的匝数，使复励分量增大；若加负荷后电压急剧下降，应按第二节“一”的对应故障来检修；若随负荷增大而升高，说明曲折绕组极性接反或相位接错。③由②记录的频率和 P 的数值作出 $f = f(P)$ 曲线，如图 7-62 所示。分析曲线的 $\Delta f_{\max}$ 不大于 2.5Hz 。如果 $\Delta f_{\max}$ 变化比较大时，应调整好调速器的调速特性，为了并车的稳定性，一般调整 $\Delta f_{\max}$ 在 $1.5 \sim 2\text{Hz}$ 内。

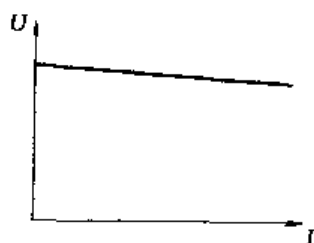


图 7-61 $U = f(I)$

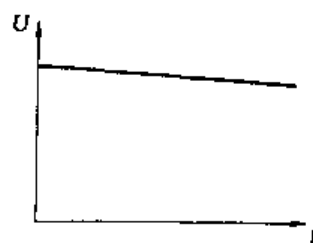


图 7-62 $f = f(P)$

然后进行电阻—电感负载试验：①先接通电抗器负载，看发电机端电压是否随着无功电流增大，而保持基本不变，若电压下降越来越厉害，说明电流绕组的极性接反，应更正。同时校核功率因数表的指针是否指在零位。②合上电阻负载，并调节电阻，电抗器，使功率因数表 $\cos\varphi = 0.8$ 保持不变，保持原动机为额定转速，发电机从空载到满载，取若干点记录发电机输出的功率 P ，电压 U ，频率 f ，电流 I 等运行参数，然后，作出电压调节曲线 $U = f(I)$ ，求出静态电压调整率 $\left(\Delta U\% = \frac{\Delta U_{\max}}{U_e} \times 100 \right)$ ，其值不超过 $\pm 3\%$ ，对于四绕组不超过 $2\% \sim 2.5\%$ ，若大于这值，应调节复励分量，或曲折线组的匝数。③重复②保持 $\cos\varphi = 0.4$ 不变，作出电压调节曲线。同时，为了并联运行稳定性，比较各台发电机组的电压调节特性，应该一致，否则，应重新调整。④进行动态特性试验：原动机保持在额定转速，使发电机突加，突卸 $\cos\varphi < 0.4$ 的 $50\% I_{GN}$ 负载，用光电示波器拍摄电压的波动过程，并量出电压波动在最后稳定值的 $\pm 3\% U_N$ 以内的时间，然后作突加，突卸 $\cos\varphi = 0.8$ 的 $100\% I_{GN}$ 负载，并拍摄电压的波动过程，使它满足规范要求，否则应调整，同时，校核调速器的调整特性，

若调速器特性差,也会引起电压波动厉害。

8. 温升试验:①在发电机进、出风口处各放一个温度计;②空载运行一段时,加 50% $P_{G,N}$ 负载运行 0.5h,最后加 100% $P_{G,N}$ 运行 4h,而每隔 0.5h 记录一次进、出口的温度,并作出温升曲线。

9. 过载试验:用 110% $P_{G,N}$ 运行 1h,发电机不应超过允许的最高温升。

10. 停机后,测量发电机的热态绝缘电阻。

11. 整理有关数据:①发电机热、冷态绝缘电阻;②动、静态特性曲线和调整率 ($\cos\varphi=0.8$);③温升曲线(进、出口处的温度与时间的关系)。

(二) 发电机与可控硅调压器的发电系统的调试

首先对可控硅调压器进行离线调试,用三相自耦变压器,按图 7-63 所示,接好线,用双踪示波器检测可控硅的触发脉冲与同步电压波形。自耦变压器的输入电压在起压电路的工作动作值之内,可控硅的导通角最大,即控制角 $\alpha\approx 0$ 。当进入稳压段,控制角 α 慢慢增大,即导通角减小,但励磁电流仍然再增加;自耦变压器的输出调到发电机的额定电压时,电流表的读数就是为空载激磁电流,此时,调节自耦变压器,使调压器的输入电压在额定

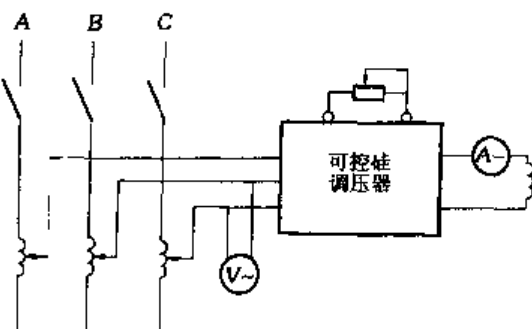


图 7-63 可控硅调压器离线调试原理接线图

值附近上下变化,观察触发脉冲前、后移过程,是否符合输入电压上升(即超过 U_N)→脉冲后移,输入电压下降(低于 U_N)→脉冲前移,然后进行联机调试,把调压器按线路图复原接好,在调压器输出端串上个直流电流表(其量程不小于发电机的额定激磁电流),核对线路无误后,起动原动机使其转速为额定值,看其是否能起压,不能起压,请按第二节的“二”对应故障来检修,若能建立电压,应调节控制屏上的电压设定电阻值,空载电压应在额定值左右变化,最后,进行负载调试,和有关数据整理:负载调试方法与不可控相复励的调压器的负载调试方法、步骤类同,先进行纯电阻性试验,测取调节特性曲线,其次进行纯电感性负载试验,然后进行电阻—电感负载试验测取 $\cos\varphi=0.8$ 的调节曲线,调节其放大倍数,使得静态电压调整率为 $\pm 1\% U_N$,最后进行动态特性试验。注意在这些试验过程中,应注意激磁电流表的读数,不应超过额定值。防止可控硅过载而损坏。

(三) 发电机与可控相复调压器的发电系统调试

对于这种系统首先要对不可控相复励部分和电压校正器分别进行试调,然后,进行综合调试。

1. 发电机与不可控相复部分进行空载、负载试验,其具体方法和步骤与(一)相同,这里不重述。调节复励分量,使其动态特性应符合规范要求。

2. 电压校正器调试:用自耦变压器提供试验输入电压,输出用模拟负载,并串上一个电流表来监测,对于直流侧分流的,负载本身应带电源。把输入电压加到额定电压,测取记录输出电流,然后,减小输入电压为 90% U_N ,测取输出电流,此时的电流应减小,否则,比较桥的极性接反或触发脉冲失去同步,应检修;增加输入电压为 110% U_N ,测取输出电流,此时电流应增加,才属于正常。试验过程中,应注意输出电流不应大于可控硅的额定电流。

3. 把电压校正器按线路图复原,起动原动机,保持原动机转速为额定值,进行空载,

负载试验,测取静态调节特性曲线,具体试验方法和步骤与(一)的空载、负载试验类同,这里不重述,静态电压调整率达不到 $\pm 1\%$,应调节电压校正器的放大倍数。

4. 整理有关数据:同(一)。

(四) 无刷发电机的调试

由于无刷发电机的励磁机和旋转整流器取代了电刷和滑环。它的调压器控制的能量也相应减小,而且多为可控相复励系统,所以,调试方法和步骤与可控相复励发电系统类同,先离线,自耦变压器供电,进行模拟负载调试,然后进行联机综合调试。具体方法、步骤见(三),这里不重述。

(二)(三)(四)空载和负载试验合格后,同样也要进行发电机温升试验和热、冷态绝缘电阻的测试。测试绝缘时,应防止半导体元件的击穿。

二、主开关和综合保护装置的调试

对主开关进行检修或进行定期检验时,都需对主开关的保护功能进行校验,校核各保护的整定值。在试验之前必须对主开关的有关参数进行测量,如触头的开距,超行程,初压力、终压力、三相触头是否同时闭合,接触是否良好。这些检查合格后,装船或上试验台进行各保护动作的校验。

上试验台进行整定值校核比较简单,把主开关固定好,三相输入、输出端排接好,合上电流发生器电源,然后调节电流发生器手轮,使电流慢慢增加,当分级卸载输出指示灯亮时,对应的电流表读数就是分级卸载的动作值,与整定值比较,应当一样,否则,调节其电位器,重新进行校核,一直到符合要求。再继续增加电流到 $125\% \sim 135\% I_{G.N}$ 时,主开关过载保护装置应延时 $15 \sim 30s$ 动作(即跳闸),如不符合要求,应加以调整。短路保护的动作值,也可在试验台上进行。失压保护校核,断开电流发生器电源,调节试验台的电压为额定值,合上主开关,调节自耦变压器的手轮,使供电电压下降(慢慢调节),调到整定值 $70\% U_N$,是否瞬时跳闸。

如果装船试验,对于过载保护动作值的整定:首先被测试主开关的发电机组与电网并联运行,慢慢转移负荷,使被测试主开关的机组输出接近 $100\% I_{G.N}$,另一台机组运行在 $25\% \sim 35\% I_{G.N}$ (通过调节外接负载来实现)。然后断开轻载的机组主开关,所有的负载抛给被测主开关的机组,同时,用秒表计时,记下延时跳闸时间和过载电流动作值,如果不符合要求,应给以调整其有关电位器;对于失压保护动作值的校验:主开关合上,调节发电机以设定电压电位器,使发电机端电压下降到 $70\% U_N$,主开关应能自动瞬时跳闸。若不符合要求,可调节失压线圈的衔铁,反力弹簧拉力。对于短路保护整定值,一般不在船上校核,由修船厂主开关试验台上进行。

对于逆功保护整定值的校验:若采用逆功率继电器来实现逆功率保护,首先把逆功率继电器的电流输入接线对调或电压输入接线对调,然后合上主开关,使发电机输出 $8\% \sim 15\% P_N$ 时,进行计时,应在 $3 \sim 10s$ 内,延时跳闸,若不符合要求,应调节逆功率继电器的电流线圈的匝数。若采用半导体逆功率保护装置,同样应把电压信号的输入接线对调,使其反相或电流信号接线反相,这样发电机输出在正功率时,就能使其输出与逆功率对应信号,然后,合上主开关,使发电机输出功率为 $8\% \sim 15\% P_N$ 计时,校核是否与“规范”要求一致。若不一致,应调节对应的有关电位器。

三、并联运行调试

通过一、二调试后，就可提交单机的调试情况和有关数据。然后，对新装或被检修机组进行并车试验。并车调试也是先手动，后自动功能的调试。

手动并车调试：首先核对整步表的接线和自身是否良好，只需把整步表开关打到运行机组的自身位置上，此时，指针应指在整步点上；灯光熄灭法，所有指示灯应熄灭，灯光旋转法，应一个灯灭，另两个灯最亮。各台机组都进行校核一遍，确认无误后，进行手动并车操作。其步骤见本章第一节的“五”，这里不重述。手动并车反复多次，互相并车操作。手动并车调试一切都正常，方可进行自动并车调试。首先核对自动并车装置的电压信号的输入线是否无误；调整器输出给伺服马达的继电器接线是否无误；合闸信号输出接线是否无误。接线正确后，进行起动发电机，选择开关打到待并机位置，按下自动并车按钮，就可完成自动并车。若不能进行自动并车操作，请按第三节的“一”对应的故障来检修。

并联稳定性试验：让两台发电机都处于空载并联运行状态，电网频率保持在额定值，运行 5~10min 后，不应有一台发电机组发生逆功率而跳闸，应能稳定运行。然后进行负荷自动分配功能试验。增加 $\cos\varphi=0.8$ 的负载，使并联运行的二台机组各自输出 30%~40% $P_{G.N}$ ，保持电网频率为额定值，运行 10min 后，二台机组的功率不应有自动转移现象。如果有，就调节原动机的调速器的调差系数，使增加负荷的机组调速器的调差系数大一些。再进行增加 60%、80%、100% 额定负载，各运行 5~10min，再按 20% 分别减小，观察记录两台发电机的承担功率、频率、功率因数，看其是否能按均匀分配（同容量机组）或按比例分配（不同容量机组）。若分配不均度超过允许值，应适当调整其调速器特性。最后，进行突加或突减各台的 20%、30%、40%、50% $P_{G.N}$ ，二台机组应能稳定运行，不会因突加或突减，造成跳闸。

四、船舶电站自动化装置的调试

由于船舶电站自动化类型、功能的不同，其调试方法和具体步骤也不相同。一般，对于这种系统也是先手动功能的调试，确认执行电路工作正常，动作准确无误后，方能进行自动功能调试。对于可分块的自动化电站，先进行各个功能块调试，然后进行综合调试。对微电脑的自动化电站，重要的是核对输入、输出各外围设备的接线是否正确。若不能达到预定功能，利用微电脑的自检功能，检测故障点或故障模块，给出故障报警指示或液晶显示。据此，就能排除故障。所以，输入输出的外围设备接线是关键。

当维修人员对配电板进行维修时，只要按原线路图接好线，核对无误后，一般不需进行专门调试，配电板在造船厂或配电板制造厂进行调试，具体调试方法和步骤可参阅有关书籍。

第八章 主机遥控和巡回监视系统的维修

随着无人机舱发展,对主机和机舱设备进行自动控制,遥控、遥测和巡回监视的系统变得越来越复杂,故障率不断提高,快速排除故障,对提高船舶航行,设备安全具有重大的意义。因此,本章主要讲述目前船舶现有代表系统的主机遥控、监视系统和电子调速器的维修。

第一节 主机遥控系统的维修

一、主机遥控系统的分类

主机遥控系统的分类有:

1. 电—液式主机遥控系统

电—液式主机遥控系统是指在遥控操纵台上通过电的控制装置和油压执行机构来遥控主机正倒车换向、起动、停车和调速等操作,由于需设置油回收系统、油管泄漏、污染,一般较为少用。

2. 电—气式主机遥控系统

电—气式主机遥控系统是指通过电的控制装置和气动装置及执行机构,由遥控操纵台操纵主机正倒车换向、起动、停车和调速的等。由于驱动功率大;容易实现各项自动化和连锁,不需回收系统,无污染等特点,是70年代主要产品方式。又分为继电式—气动遥控系统和电子式—气动遥控系统。

3. 电动式主机遥控系统

所谓电动式主机遥控系统,是指通过电动遥控装置和电动驱动机构,在遥控室对主机进行正倒车换向、起动、停车和调速等控制,由于其驱动功率较上述两种小,一般适用于中、小型柴油机的遥控系统。

4. 气动式主机遥控系统

气动式主机遥控系统是通过气动遥控装置和气动驱动机构对主机进行遥控的方式,它是以气动装置为主,配有少量的电动控制装置。其特点与电—气遥控方式相似。气动系统目前也趋于小型化和集成化。

5. 微型计算机控制系统

在常规的主机遥控系统中,程序控制等功能是通过各种典型环节的控制回路完成的。而采用微机遥控主机时,是通过软件设计,给出一个计算机执行程序以取代常规遥控系统的控制回路,用软件去取代硬件程序。微型计算机在执行时,将对由接口输入的车令和表征主机实际运行状态的各种信息进行综合判断和运算,得出需要的控制信息,经输出接口去控制操纵系统的执行元件,实现主机正倒车换向、起动、停止和调速等控制。

其主要特点是微型机取代分立元件或集成逻辑电路元件。体积小,功能强,逻辑功能和

运算功能扩大了,灵活性也扩大了,与数字式调速器配合,可以实现最佳状态和最经济性控制,是80年代主要产品。有比较完善的自诊功能,目前已发展到多微处理器、并联冗余系统,提高系统的可靠性。

微机控制系统实质上也是一个电—气控制系统,只不过用微机取代了继电逻辑或电子逻辑的电气控制功能,其执行环节与常规电——气遥控系统基本上一样。

二、主机遥控系统的技术要求

主机遥控系统必须能够像人在机旁操作那样操纵,有时应高于人的功能,所以,对主机遥控系统的基本要求有:

1. 换向逻辑程序:当车令与主机凸轮轴实际位置不符合时,必须能自动地进行换向;换向完成后,送出许可起动信号。

2. 起动逻辑程序:当车钟手柄从停车位置移到正车(或倒车)位置时,能自动地完成起动条件判断,自动完成起动程序;当起动转速达到发火转速时,自动地进行气油转换,起动成功后自动切断起动空气。

3. 重复起动逻辑程序:在起动中发生点火失败时,能够进行三次试起动;当发生三次起动失败时,自动停止起动过程并能报警。

4. 重起动逻辑程序:在应急或有重复起动的情况下,增加起动油门或提高发火转速进行重起动。重起动成功后,转入正常调速运行。

5. 慢转起动逻辑程序:当主机停车时间超过规定时间(0.5h或1h)以后,再起动机时,需经过慢起动程序,使主机先慢转1~2转后再进行正常起动。其目的是早期发现某些故障和保证运行件摩擦表面润滑。

6. 发送速率程序:当主机进行加速操作时,其加速过程应受到限制,以防止加速过快。通过发送速率环节,使加速按规定速率进行。

7. 负荷程序:当主机的负荷超过70%~75%额定负荷时,已属于高负荷状态,在这之上的加速过程称为负荷程序。负荷程序是时间程序,慢慢地进行加油。一般从70%~75%到100%额定负荷需要1h左右。

8. 全速运行时换向逻辑程序:当车钟手柄从全速正车位置到倒车某一位置时,主机遥控系统应能自动地实现停油、换向、制动和反向起动等逻辑程序。

9. 自动避开临界转速的逻辑程序:在主机遥控系统中必须设有自动避开临界转速区运行。

10. 应急操作功能:在应急情况下,可取消慢转,负荷程序等,进行快加速,或取消自动减速或停车信号,进行应急运行。

11. 安全保护程序:在运行中,当出现滑油低压、轴承高温,冷却水出口温度高,曲轴箱油雾浓度过高等情况时,主机应能自动地减速或自动停车,并发出报警信号。

12. 系统功能模拟环节:主机遥控系统应设有功能模拟环节,以检查其系统各环节的功能是否正常。

13. 计算机控制系统自诊程序:能够自动地显示出故障点或在打印机上打印出故障类型、故障点。

要完成以上要求,可采用气动、液压、微机等技术来单独或综合设计。这样,主机遥控系统的线路是多种多样。而且,系统结构比较复杂,这就给维修人员带来了很大困难,再加

上厂家技术保密，线路图和元件型号不公开，所以就更难，为此，维修人员必须了解了系统的结构工作原理之后，方有可能根据故障现象分析，找出故障点，本节列举两个例子来分析主机遥控系统的故障检修方法。

三、主机遥控系统的维护

对于电——气主机遥控系统，电气控制部分若采用继电器就可按继电器的维护来进行，参见第六章的继电控制箱的维护要求来维护。对于微型继电器就不需要拆检维护。若采用电子集成电路，由于失效率是常数，不需定期预防维修。计算机控制系统也是一样。一般维护的主要内容是：

1. 控制箱内部

由于电气控制装置都采用插件形式，日常维护就是检查插件是否松动，接触是否良好。插件与插座是否有锈蚀现象，若有，应及时清除，控制箱与外部的信号线是否固紧，接触是否良好；屏蔽接地是否可靠。

2. 控制箱外部

由于控制箱外部的元器件都是发信器和传感器、特别是安装在主机上监控元器件，工作环境恶劣，故障率相对较高，应按各元器件具体产品说明要求维护，一般而言，每三个月进行一次检查各温度、压力、液位、转速等传感器的电触点，以及并联触点两端的高阻电阻；导线紧固件是否良好；检查传感、检测元器件的上、下限给定值是否在要求范围内，否则，须重新整定；检查各控制站的显示装置与实际值的误差是否在要求范围内。

每三个月进行一次检查执行机构，例如执行电动机，电磁阀等部件是否良好。

每三个月进行一次检查报警装置是否完整。动作是否可靠、准确。若是继电式，还应分别检查和测量各部分的绝缘。

此外，在航行前，结合主机备车按下列要求检查和试验：

(1) 检查装置的工作电源，应急电源，报警电源是否正常；

(2) 进行各控制站（驾驶室，集控室，机旁）的转换、联锁试验。同时按功能进行各遥控站的闭环操纵试验和模拟试验。在试验中，应观察并判断车令发送器、程序控制器、各执行器、监视器、记录器、报警装置的工作是否正确、可靠。

(3) 检查与主机遥控系统有关的辅助动力装置及自动控制，自动调节装置是否处于正常状态。

凡不符合装置的技术要求，不能投入使用。

电气维修管理人员必须熟悉和掌握装置的性能及各项技术要求。并按装置的说明书要求，定期进行系统全部功能的效用试验。一般应检查下列内容，并符合装置的技术要求：

(1) 检查换向、起动、制动、调速、停车等程序控制。

(2) 检查盘车机、起动、遥控站等的联锁。

(3) 检查转速检测及调速精度。

(4) 应用模拟故障，检查停车、减速、应急操纵等功能。

(5) 应用扫气压力、扭矩、油门等模拟信号，检查装置的限制功能。

(6) 检查电源故障，紧急操纵、停车或减速、换向失败、起动失败等警报。

(7) 检查系统的数据检测、记录，信号的传送和指示，自动调节等装置。

(8) 检查模拟试验的正确、可靠。

四、主机遥控系统基本功能单元

要完成主机遥控系统的技术要求,可采用气动、电动、液压、微机、可编程控制器、数字逻辑模块(即LC器件)等技术来单独或综合设计出线路。这样,主机遥控系统线路就具有各个厂家特色的具体线路。但是,它的基本功能不会变,必须模仿人的判断、手的操作。因此,它应是由起、停车控制回路;换向、制动控制回路;调速控制回路和执行机构等组成的一个复杂的控制系统。维修人员要维修这样系统,必须首先了解这些组成回路工作原理和作用,以及它们的综合方法,下面分别介绍各回路作用和实现方法。

(一) 起动控制回路

起动控制回路的作用是:检验起动条件,判别起动逻辑,自动进行起动操作,若起动成功,能自动切断起动空气,而提供燃油。若起动不成功,可进行三次重复起功。并有重起动控制。有的系统在停车时间大于一定值时,设有慢转功能。

起动控制回路的工作过程:检验起动条件是否满足,若满足,发出允许起动信号,给判别起动逻辑电路,当换向器的方向与车钟指令方向一致时,就发出起动信号,使主起动阀打开,进行起动。若不一致,先进行换向操作,换向到位了,换向器与车钟指令方向一致,发出起动信号。其实现方法:检验和判别都是采用“与”关系,它可以用硬件方法实现,如继电器、数字与门电路,也可用微机软件来实现。

(1) 起动条件的检验

一般面言,主机起动条件包括下列各项:

TG——盘车机脱开信号,脱开时为“1”,没有脱开为“0”;

MV——主起动阀位置信号,在自动位置时为“1”,不在自动位置为“0”;

P_A——起动空气压力信号,在3MPa正常压力下为“1”,否则为“0”;

P_O——控制空气压力信号,在0.7MPa正常压力下为“1”,不正常为“0”;

P_L——主机滑油压力信号,在0.6MPa正常压力下为“1”,不正常为“0”;

ES——主机遥控电源信号,电源正常是为“1”,否则为“0”,如380V/220V/110V交流电源,24V直流电源;

PS——操作方式开关的信号,已经选择好为“1”,否则为“0”;

$\overline{ST}$ ——故障停车复位信号,已复位为“1”,故障没有排除,没复位为“0”;

$\overline{F_3}$ ——三次起动失败信号,无三次起动失败为“1”,已三次起动失败为“0”;

$\overline{T_M}$ ——起动限时信号,未到限时时间为“1”,起动时间超限为“0”;

n_s ——起动转速信号, $n_s < n_1$ (发火转速)为“1”,已运行或达到起火转速,说明起动成功,为“0”;

S——系统监视信号,系统处于正常,没有故障时为“1”,否则为“0”。

……。

不同机型起动条件不完全相同,有的多几个,有的少几个,但为了保证起动安全和起动成功,所有这些条件都必须为“1”,只要其中有一个“0”,如盘车机没有脱开TG=0,或转速检测系统不正常,系统监视信号S=0等等就不允许起动,所以,这些条件都是“与”的关系,其逻辑表达式:

$$Y_{SC} = TG \cdot MV \cdot P_A \cdot P_O \cdot P_L \cdot ES \cdot PS \cdot \overline{ST} \cdot \overline{F_3} \cdot \overline{T_M} \cdot \overline{n_s} \cdot S$$

$Y_{SC}=1$, 表示起动条件具备, 允许起动, $Y_{SC}=0$, 表示不具备, 不允许起动。

(2) 起动逻辑判别

当有了允许起动信号, 还不能形成起动信号。要想起动主机必须有车钟指令, 有了车钟指令, 需判别车钟指令方向和换向器的方向是否一致。判别方法是: 若用 $T_H=1$ 表示车钟正车指令, $T_S=1$ 表示倒车指令, 而凸轮轴在正车位置 $C_H=1$, 在倒车位置 $C_S=1$, 可见, 当 $T_H \cdot C_H=1$ 或 $T_S \cdot C_S=1$ 时, 才能与允许起动信号形成起动信号, 使主机起动, 所以, 起动逻辑图, 如图 8-1 所示。

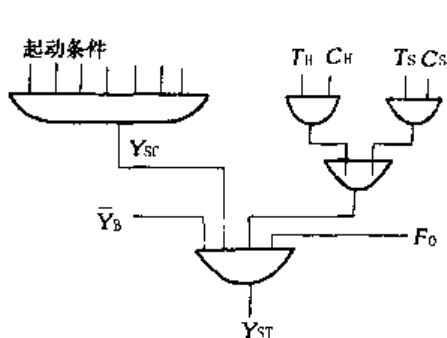


图 8-1 起动逻辑图

$$Y_{ST} = Y_{SC} (T_H C_H + T_S C_S) \cdot F_0 \bar{Y}_B$$

式中: F_0 ——油门开度为零, 断油 $F_0=1$;

$\bar{Y}_B$ ——起动中断或起动闭锁指令, 没有指令, 则 $\bar{Y}_B=1$ 。

(3) 重复起动控制

当第一次起动不成功时, 能进行第二次和第三次起动, 所以, 必须要有一个起动次数记忆功能, 当达到三次起动失败时, 能终止起动, 发出声、光报警。按控制方式来分, 有三种不同控制方案: 时间原则控制、转速原则控制

和前二者结合控制。

①时间控制重复起动

当起动逻辑电路送来起动信号 Y_{ST} , 重复起动控制单元 (或子程序) 立即给出起动指令, 使主机起动, 并开始计时, 起动时限一到, 就发出不可起动的中断指令, 系统进入间歇工况, 停歇时间一到, 又开始起动……, 依此反复三次, 若在其中一次起动成功, 起动信号撤除, 重复起动控制, 单元或子程序就复原, 不反复。图 8-2 是时间控制的重复起动逻辑图。图中三个延时单元, 延时控制安排如下: T_{d1} —起动时限; T_{d2} —停歇时间; T_{d3} —总起动时间; 起动信号 Y_{ST} 一来, 与门 1 输出为 1, T_{d1} 开始计时, 延时不到, 其输出为 0, 使非门 3 输出为 1, 与门 2 输出也是为 1, 打开与门 3, 输出起动信号, 通过放大驱动器 1, 使起动电磁阀打开, 主机进行起动, 在起动时限 T_{d1} , 延期内, 起动不成功, T_{d1} 延时到, 输出为 1, 使与门 2 输出为 0, 关闭与门 3, 停止起动, 进入间歇期, 同时, T_{d1} 输出为 1, 使 T_{d2} 间歇期计时, 间歇期到时 (即 T_{d2} 延时到), T_{d2} 输出变为 1, 经非门 1 输出为 0, 使 T_{d1} 复位, 输出为 0, 打开与门 3, 进行再一次起动, 同时也使 T_{d2} 复位, 输出为 0, 经非门 1 输出为 1, T_{d1} 又开始计时……; 若三次起动都失败, 总的起动时限到, T_{d3} 就输出 1, 经非门 2, 封锁与门 2、3, 终止起动, 同时, 再经非门 4, 放大驱动器 2, 进行声光报警。若在这三次起动中, 有一次成功, $Y_{ST}=0$, 与门 3 输出为 0, 不会再起动, 同时, $Y_{ST}=0$, 也使重复起动逻辑复位。

可见, 要实现上述功能, 可采用时间继电器或微机的定时器来完成。

②转速原则控制重复起动

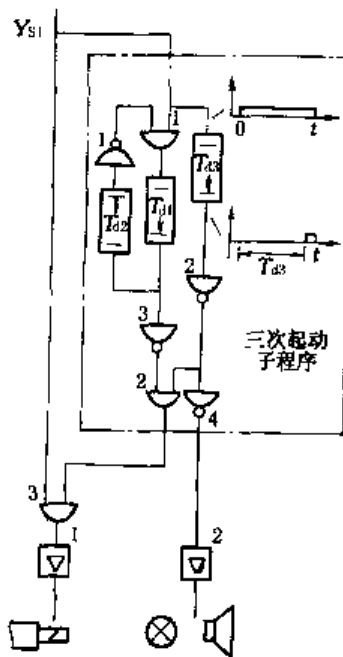


图 8-2 时间控制重复起动逻辑图

它是利用主机转速信号来控制重复起动,当主机转速达到起火转速时,停止起动信号输出,当主机转速低于某一整定值时,又开始起动,并记忆起动次数。图 8-3 是这种控制的逻辑原理图。可见,它由两个比较器,一个 $R-S$ 触发器(负脉冲触发),一个计数器和若干个门电路组成。其工作过程:当起动信号 $Y_{ST}=1$ 来时,主机在停机状态,两个比较器输出都为高电位,使与门 1、2、3 输出都为 1,打开与门 4,起动的信号通过 4 经放大驱动,使起动电磁阀打开,主机起动,当主机转速到发火转速时,比较器 1 输出为 0,与门 1、2、3 输出都为 0,封锁与门 4,停止起动。同时, $R-S$ 触发器被触发翻转,其输出为 0,使计数器记数,若第一次起动不成功,主机转速下降到比较器 2 整定值时,比较器 2 输出为 1,使 $R-S$ 触发器翻转,其输出为 1,这时,与门 1、2、3 输出都为 1,又打开与门 4,又开始起动操作……。若三次起动都不成功,计数器已计满,第三次起动后,主机转速又下降到比较器 2 整定值;使 $R-S$ 触发器翻转,使计数器复位,输出为 0,封锁与门 3、4,终止起动。同时,经非门 2 和与门 5,送到放大器,经放大驱动,进行声、光报警。

可见,这个原则控制重复起动,也可用软件来实现。

③转速和时间原则综合重复起动

它是在起动过程以转速信号,间歇采用延时控制,图 8-4 是这种综合的控制逻辑原理图。它由施密特比较器、定时器、计数器、门电路组成。其工作过程:当起动信号 $Y_{ST}=1$

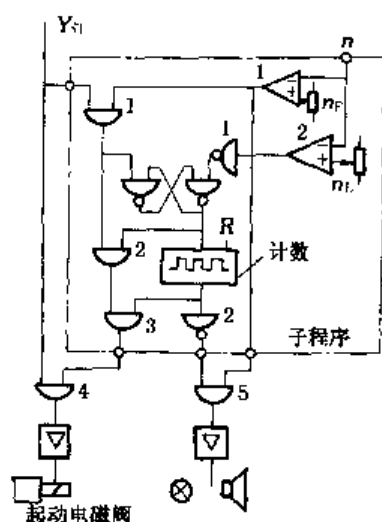


图 8-3 转速原则重复起动逻辑图

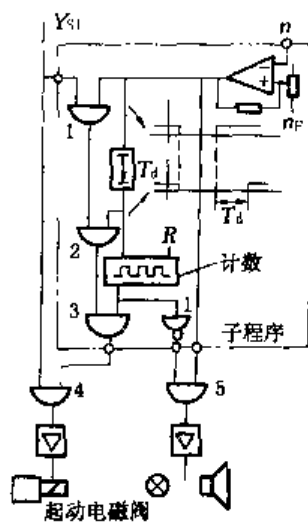


图 8-4 转速、时间原则综合控制重复起动逻辑图

来时,主机在停机状态,与门 1、2、3 都输出为 1,打开与门 4,进行起动操作。当主机转速达到发火转速后,施密特比较器翻转,输出为 0,停止起动信号,关闭起动阀,若起动不成功,主机转速下降,下降到施密特比较器下限,由 0 翻转为 1,有一个正跃变,使定时器(即单稳态电路)开始延时,其输出为 0,封锁与门 2,进入间歇期。同时,触发计数器计数。当定时器延时到,其输出为 1,此时,与门 1、2、3 都为 1,打开与门 4,又再一次起动……。当计数器三次计数结束时(即三次起动都失败),其输出为 0,封锁与门 3、4,终止起动,同时,给出声、光报警。

(4) 重起动控制

重起动控制是指适当提高起动转速或适当加大起动油门,进行强化起动,增加其起动的成功率。一般在下列情况下进行重起动控制操作:①正车第三次重复起动 I_{FB} ;②倒车第

二、三次起动 I_{SL3} ; ③应急起动 I_{EC} ; ④正车指令快速变换为倒车指令 I_{HS} 。一旦重起成功, 就自动退出。

图 8-5 是重起动控制逻辑原理图。由一个 R-S 触发器, 两个电子开关 E_1 、 E_2 和两个比较器等组成, F_{SN} 和 F_{SH} 是正常给定起动油门和重起动给定油门信号; n_{SN} 、 n_{SH} 分别是正常起动发火转速设定信号, 重起动转速设定信号。当没有重起动控制信号输入时, 或非门输出为 1, R-S 触发器输出 $A=0$, 两个电子开关处于图所画位置, 给出正常起动油门信号和正常起动转速信号。当有了上述其中一个重起动信号输入时, 或非门输出为 0, R-S 触发器被置 1 (即 $A=1$), 两个电子开关动作, 给出重起动油门信号 $F_0 = F_{SH}$ 和重起动转速信号 n_{SH} , 主机进入重起动操作。

起动控制除上述功能外, 有的还有慢转起动, 一次限时起动功能。

慢转起动控制是当主机停机一段时间 (30~60min) STd , 系统工作电源在停机过程中有停电 SP , 没有应急起动 $\bar{I}_{EC}$, 没有重起动信号 Y_{SH} , 这样方可进行慢转起动, 其逻辑表达式:

$$Y_{SL} = Y_{ST} (STd + SP) \cdot \bar{I}_{EC} \cdot \bar{Y}_{SH}$$

实现其逻辑关系方法: 可用硬件或软件方法来实现, 执行机构可采用控制主起动阀的开度, 先开小一些, 慢转一、二圈后, 起动阀全开或用二个起动阀, 先开辅起动阀, 后开主起动阀。

一次限时起动, 是当主机在起动过程中, 转速持续呆滞在低于发火转速状态, 为了避免过多消耗起动压缩空气, 一般设定 8~10S, 若超过时限, 就停止起动, 并发出起动失败的声, 光报警信号, 有的称为起动时间过长故障报警。

(二) 断油停车控制回路

主机在运行中, 只要出现如下一个状况, 断油停车控制回路, 就应能输出一个断油信号, 使调速器把油门控制零位。

- (1) 车钟发生停车指令;
- (2) 车钟指令方向与凸轮轴位置不一致;
- (3) 车钟指令方向与主机转向不一致;
- (4) 运行过程中的反向起动尚未达到发火转速, $Y_{R.ST} = 1$;
- (5) 应急停车指令, $Y_{E.SP} = 1$;
- (6) 故障停车指令, $Y_{FL.SP} = 1$; 所以, 断油控制回路的逻辑表达式:

$$Y_{FO} = T_{STOP} + (T_H \bar{C}_H + T_S \bar{C}_S) + (T_H \bar{R}_{II} + T_S \bar{R}_S) + Y_{R.ST} + Y_{E.SP} + Y_{FL.SP}$$

(三) 换向、制动控制回路

1. 换向控制回路

当船舶螺旋桨为定螺距时, 主机的转向为可逆, 这时, 当主机车钟方向与凸轮轴方向不一致或车钟指令方向与主机转向不一致时, 应进行换向操作。换向操作, 首先要停油, 使主机转速降到允许换向转速, 才能发生换向信号。这样, 换向控制逻辑表达式:

$$Y_R = (T_H \bar{C}_H + T_S \bar{C}_S) \cdot F_0 \cdot (Y_{nR} + Y_{nE}) \cdot Y_i$$

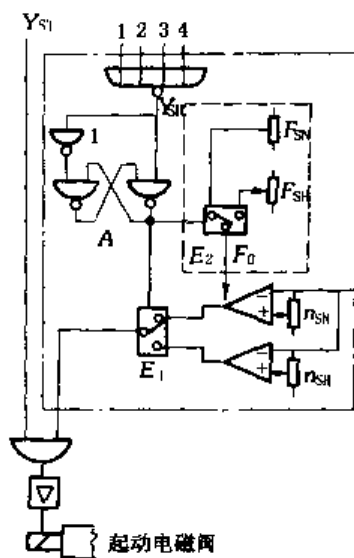


图 8-5 重起动控制逻辑图

式中: F_0 ——油门在零位, $F_0=1$;

Y_{nR} ——通常换向转速, 等于或低于这个转速, $Y_{nR}=1$;

Y_{nE} ——应急换向转速, 等于或低于这个转速, $Y_{nE}=1$;

Y_i ——其他附加条件, 满足时, $Y_i=1$ 。

图 8-6 是换向控制逻辑原理图, 图中 R_H 、 R_S 分别表示主机的正、倒车转向。当满足换向逻辑时, 与门 1 或 2 输出 1, 进行断油操作, 油门拉到零位时, $F_0=1$; 当其他条件满足时, $Y_i=1$, 这时没有应急操作, 电子开关闭合在正常换向转速, 当主机转速下降到允许换向时, $Y_{nR}=1$, 这样, 与门 3 输出为 1, 打开与门 4 和 5, 根据换向要求, 进行换向, 换向到位时, 电子开关就自动退出。

2. 制动控制回路

当要求主机快速改变转向时, 就得使主机原转向转速快速下降为 0, 然后, 反向起动, 使主机快速减速操作——制动操作。要使主机快速减速, 首先要断油, 靠螺旋桨的水涡轮作用, 使主机减速。减到允许换向转速时, 进行换向操作, 换向到位时, 即车钟指令和换向凸轮轴位置一致, 但这时主机转向和车钟指令方向不一致, 达到强制制动转速 (低于发火转速) 时, 制动控制回路起作用, 打开主起动阀, 空气分配器投入工作, 按换向后凸轮轴位置进行定时打开各缸起动阀, 这时起动空气是在各缸压缩行程进入气缸, 强制限制活塞上行。当主机转速降到零时, 满足起动条件, 接下来进行反向起动。所以, 强制制动控制逻辑条件是: ①主机处于断油状态; ②凸轮轴位置与车钟指令方向一致; ③主机转向与车钟指令方向不一致; ④达到允许强制制动转速, 其逻辑表达式:

$$Y'_B = F_0 \cdot (T_H C_H + T_S C_S) \cdot (T_H \bar{R}_H + T_S \cdot R_S) \cdot Y_{nB}$$

式中: Y_{nB} ——允许强制制动转速信号, 等于或低于时, $Y_{nB}=1$ 。

当船舶操纵遇到紧急情况, 需要应急改变主机转向时, 为了获得更快换向, 主机就得进行先能耗制动, 后强制制动。例如: 把车钟手柄从全速前进位置快速拉到倒车某一速度档位, 并按下应急操纵按钮。这时, 车钟指令与转向, 车令与凸轮轴位置都不一致, 换向逻辑控制回路就会自动输出断油信号, 把主机油门推向零位, 主机断油降速。由于应急操作, 主机转速下降到应急换向转速 (比发火转速高得多) 时, 换向控制回路就输出换向操作指令, 使其换向。凸轮换向到位时, 能耗制动回路输出能耗制动操作指令, 使空气分配器投入工作, 而主起动阀仍处于关闭状态, 这样, 空气分配器按换向后凸轮轴 (倒车) 正时, 打开各缸的起动阀, 这样气缸起动阀不是在膨胀行程而是在压缩行程被打开, 柴油机相当于一台空气压缩机消耗主机的惯性动能, 使主机能较快地降速。当主机转速下降到低于发火转速 (即达到允许强制转速) 时, 进行强制制动。即强制制动的控制回路输出一个信号, 打开主起动阀, 使起动空气进入气缸进行强制制动。因此, 能耗制动控制逻辑表达式:

$$Y''_B = F_0 \cdot (T_H C_H + T_S C_S) \cdot (T_H \bar{R}_H - T_S \bar{R}_S) \cdot E_m \cdot Y_{nE}$$

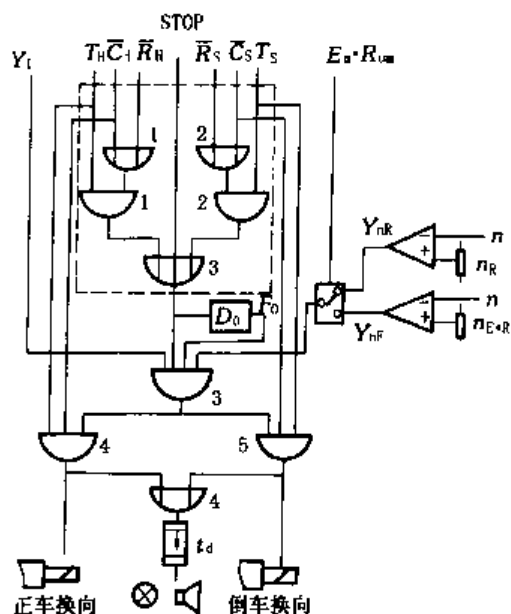


图 8-6 换向控制逻辑原理图

式中： E_m ——应急操作指令，按下就急操作按钮， $E_m=1$ ；

Y_{nE} ——应急换向转速，等于或小于应急换向转速时， $Y_{nE}=1$ 。

综上所述，主机的制动控制回路的逻辑表达式是：

$$Y_B = Y'_B + Y''_B \\ = F_O \cdot (T_H C_H + T_S C_S) \cdot (T_H \bar{R}_S + T_S \bar{R}_S) \cdot (Y_{nB} + E_m \cdot Y_{nE})$$

图 8-7 是实现制动控制的逻辑原理图。它是由三个 $R-S$ 触发器，二个转速比较器和门电路等组成。其工作过程：主机在运行过程中，突然车钟手柄从正车位置拉到倒车，并按下应急操纵按钮 $E_m=1$ ，这时 $R-S$ 触发器 1 就被置 1，换向控制回路就立即输出断油指令，主机断油减速，减速到应急换向转速时，换向控制回路就输出换向指令，换向到位置时，车钟指令方向与凸轮轴位置一致，或门 1 有“1”输出，这时，主机转向与车令不一致，或门 2 有 1 输出，它们使 $R-S$ 触发器 3 置 1，打开与门 6，为强制制动作准备。这时，主机转速高于强制制动转速， $Y_{nB}=0$ ， $R-S$ 触发器 2 被置 1，同时主机转速已降到能耗允许转速， $Y_{nE}=1$ ，与门 1 输出 1，通过或门 3，控制空气分配器回路，使之投入工作，进行能耗制动，通过能耗制动，快速减速，达到强制制动允许转速时， $Y_{nB}=1$ ，通过非门 2，使 $R-S$ 触发器 2 置“0”，封锁了与门 1。能耗制动结束，进入强制制动， $R-S$ 触发器 2 的 $\bar{Q}$ 位为 1 和油门零位信号共同作用，打开与门 7。这时，主机转速低于发火转速，满足起动条件， $Y_{ST}=1$ ，通过与门 6、7，送出打开主起动阀，通过或门 3，使空气分配器投入工作，进行强制制动，当制动到转速为 0，接下进行反向起动。

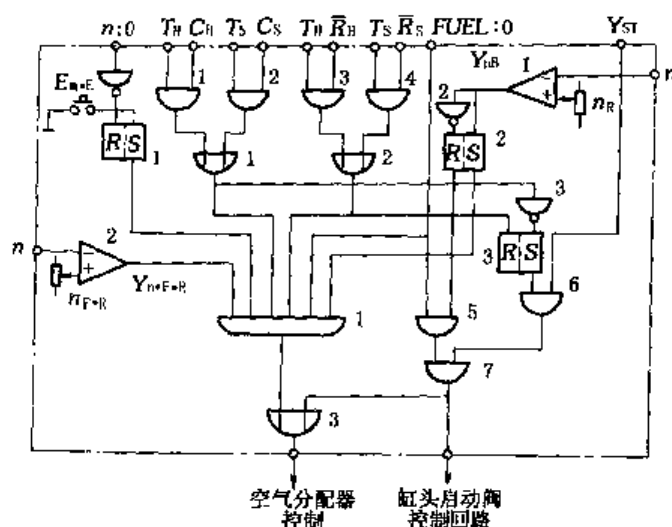


图 8-7 制动控制逻辑原理图

（四）调速控制回路

所谓的调速控制是指以最佳的动态过程使主机的转速达到车令所设定的转速。它实质上是一个闭环调节系统，当给定的转速（车令）与实际转速出现偏差时，这个偏差信号通过（PID）调节器，输出一个控制油门开度信号，从而控制油门，使主机转速达到给定转速。当外界阻力增大时，为了保持给定转速，就必须增加油门，这样为了一味追求给定转速，就可能造成主机热负荷和机械负荷过大，造成主机严重超负荷运行，这是不允许的。因此，在调速控制过程就得增加负荷限制。而柴油机是热力发动机，在起动和停车时，还要考虑到热应力负荷，所以，也不能马上按给定转速直接加油门，应有速率限制。现代增压柴油机，当增压压力低时，若按给定转速的偏差值直接加油门，进了大量燃油，但缺乏新鲜空气，不能

燃烧彻底，也就不能全部转换为功，造成燃油浪费。所以，应有增压压力限制……。总之，主机调速控制是一个综合控制。它应由给定转速车钟指令信号的发送和处理环节、速率限制环节、转速限制环节、调速环节、供油限制（负荷限制）环节，测速环节和执行机构等组成。调速控制回路的原理方框图，如图 8-8 所示。

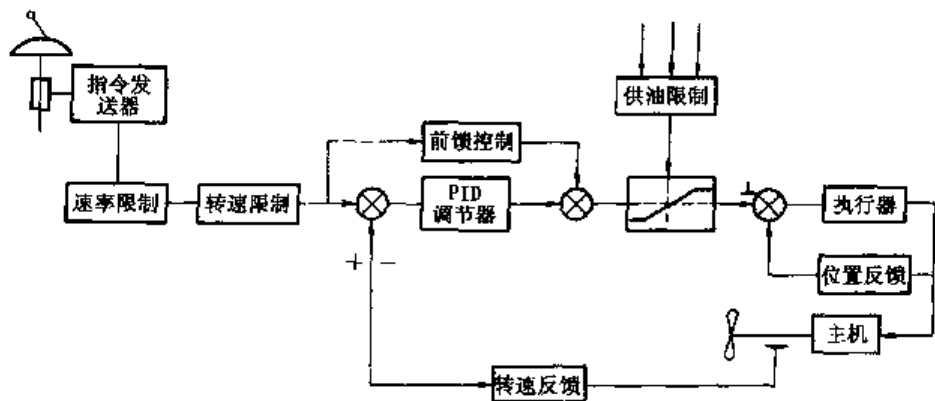


图 8-8 调速控制回路原理方框图

1. 车钟指令信号的发送和处理环节

当扳动车钟手柄时，车钟发送器就会发出所要的主机转向和转速的信号，主机遥控系统就能依据这个信号对主机进行自动控制，使主机的转向和转速达到车钟发出的信号要求。所以，车钟指令信号应能反映所要主机的转向和转速大小。通常有三种类型。第一种为气动式，它是车钟的手柄扳动不同角度，精密调压阀就能给出一个压力与手柄角度成正比的压力信号，作为调速器给定信号，这种车钟指令发送器用于气动遥控系统。第二种为电阻式，在电阻器上加上一个 +、- 电源，在中心点为地点，手柄带动滑动触点，就会产生一个 ±（根据扳动方向）与扳动手柄角度成正比的电压信号，这个电压信号通过模—数转换器变成带有符号的数字信号输给微机，然后，微机按既定程序对主机自动控制，所以，这种车钟发送器用于微机主机遥控系统。第三种为继电器式，当扳动手柄在某一车速时，就接通对应的继电器，它的常开触点闭合，给出对应车速和转向的 ± 电压信号。

车钟指令信号处理环节，有的主机遥控系统，能够根据车钟指令信号变化的快、慢来判别出是正常操纵，还是应急操纵，然后，把车钟的指令信号变换为遥控系统内部的标准信号，以便以后各级处理。

2. 速率限制

为了主机在起动过程，防止加速太快，造成热力负荷迅速增加而有损主机使用寿命。在加速过程中，设置了速率限制环节。一般加减车速率控制：在 $(0\% \sim 30\%) n_N$ 内采用快速率；在 $(30\% \sim 75\%) n_N$ 内采用中速率；在 $(75\% \sim 100\%) n_N$ 采用慢速率（又称为热负荷程序），它是慢慢地增速，大约 0.5~2h 才完成。此外，在应急操车时，可自动取消慢速率加车，按较快速率加车。

3. 转速限制

这是轮机长根据主机状况，限制主机的最高转速和最低转速，实际是一个阈值放大器，当输入的车钟信号超过阈值时，放大器就输出一个恒定电压信号，使主机以轮机长所设定的最高转速或最低转速运行。

4. 调速器

调速器是主机转速稳定在车钟给定转速的重要环节。气动遥控系统大都采用 PG-A 型调速器，电-气遥控系统也是采用 PG-A 型调速器，对 IC 遥控系统，微机遥控系统，有的采用电-气转换环节，最终也采用 PG-A 型调速器。有的采用模拟式或数字式电子调速器。

5. 供油限制（负荷限制）

供油限制目的是对主机机械负荷和热负荷加以限制，以防止主机在运行过程中超负荷。另外还能达到节约燃油的目的。如起动时，限制起动油门开度，在高速段加速，限制加速过快（即转矩限制）等等都是为了防止主机超负荷，而影响其寿命。在低增压空气压力时，供油量太多，会引起燃烧不良，导致冒烟，浪费燃油，所以，供油限制环节，应根据转速信号，增压空气压力信号等给出对应供油限制值。

6. 测速环节

测速环节是主机遥控系统必不可少的重要环节，换向起动，速率限制，供油限制等环节都要用到主机实际转速信号。为了可靠性起见，往往都采用双路测速环节。微机遥控系统采样这两个信号，进行比较，来判别测速环节是否有故障。此外，电子式调速器要用测速环节输出的速度信号作为闭环的负反馈信号。

（五）模拟测试环节

主机遥控系统线路比较复杂，而且，线路种类很多，一旦发生系统故障，一时很难做到快速排除故障。为此，为了检测系统工作正常与否，系统是否有故障隐患，一般主机遥控系统都设置一套模拟测试环节。通过模拟测试就可知道系统工作状态，以及主机运行状况和运行参数，这些运行状况和参数通过显示器或指示灯显示出来，以便值班人员观察和查寻故障。微机遥控系统，还具有自检功能，显示出故障点或故障参数。

综上所述，我们可以画出主机遥控系统的原理方框图，如图 8-9 所示。

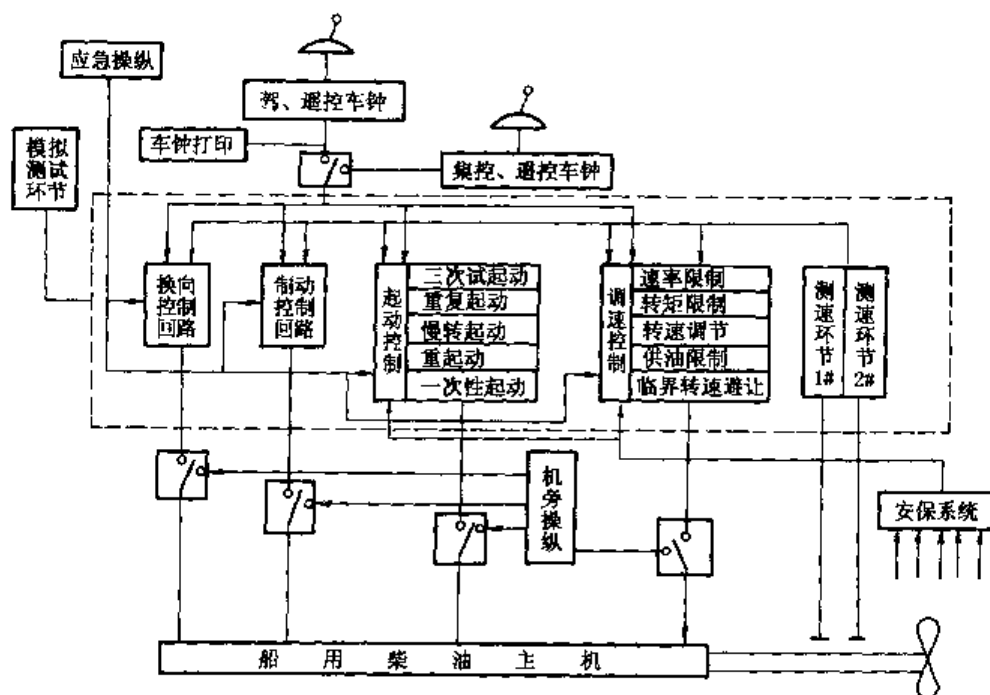


图 8-9 主机遥控系统原理方框图

五、主机遥控系统故障检修方法

一般主机遥控系统都设有模拟试验板, 它可显示主机遥控系统在这运行过程中的信号传递, 可指示出主机遥控系统程序执行的动态过程; 可以对主机遥控系统的各功能进行模拟检查; 也可对主机遥控系统中的各种参数进行显示、修改和调整; 可对主机遥控系统的故障部位方便地进行显示。由于系统线路复杂、部件多, 都设有较全的自检功能。电气维修人员只要能够正确使用这些模拟试验设备或自检程序, 一般都能方便地找出故障点, 但是一个设备不可能做到尽善尽美。有些故障是设计者本身所没有体会, 只有通过几代产品更新才能加以克服。有一些是为了技术保密, 只显示大体范围, 如“系统故障”具体哪一个印刷电路板故障或具体哪一个环节出故障不显示, 要检修只好请厂家, 费用很高。因此, 掌握一些主机遥控系统故障分析方法是必要的。例如:

1. 遥控无法起动主机

假设主机一切正常(即机旁操作有效)。首先要做些常规检查: 操纵方式选择开关是否在所选的控制站, 主机遥控气动系统的工作气源是否打开等。常规检查没有发现问题。进一步检查起动主机的条件是否符合, 一般主机起动准备条件有下列各项:

TG——盘车机脱开信号, 脱开时为“1”, 没有脱开为“0”;

MAV——主机起动位置信号, 在自动位“1”, 不在自动为“0”;

PSA——起动空气压力信号, 压力正常为“1”, 不正常时为“0”;

POP——操作空气压力信号, 压力正常为“1”, 不正常时为“0”;

PLB——主机滑油压力信号, 压力正常为“1”, 不正常时为“0”;

SP——电源信号, 电源正常时为“1”, 不正常时为“0”;

PS₀——操作部位转换信号, 转换完成为“1”, 未完成为“0”;

PS_S——试验开关位置信号, 在工作位置为“1”, 否则为“0”;

$\overline{ST}$ ——故障停车复位信号, 已复位时为“1”, 故障没有排除, 未复位时为“0”;

$\overline{F}_3$ ——三次起动失败信号, 无三次失败为“1”, 否则为“0”;

$\overline{T}_M$ ——起动限时信号, 未达到限时为“1”, 达到限时为“0”;

n_s ——起动转速信号, 当 $n_s < n_1$ (点火转速) 为“1”, 否则为“0”。

以上所列举的条件仅仅是一部分, 根据系统设计要求尚增减一些条件。只有起动条件都满足, 方能允许起动, 所以, 遥控不能起动主机, 应该逐一检查每个起动条件或传感检测元件是否故障。若每个起动条件都满足, 各检测元件都正常反映, 就应检查控制箱, 完成这些起动条件的逻辑判别回路, 若是用继电逻辑回路, 就应检查这一部分的继电器和其有关触点, 若采用电子集成电路, 可用波形测试法或替代法来检查。若是电子计算机控制系统可用自检程序或模拟板的自检功能寻找故障点。

2. 不能重复起动

首先要弄清楚手中这套装置进行重复起动是按时间原则还是转速原则或者二者综合。若是时间原则。应检查计时电路或时间继电器。若是转速原则, 应检查转速检测、判断电路等。若是转速、时间综合原则, 就应检查转速检测、变换电路和时间电路。

3. 不能遥控换向

这种故障原因: ①本身逻辑电路或逻辑继电回路故障。②不能换到某一方向的 T 和 C

检测电路、器件故障，不能正确反映。所以，应着重检测这两部分元器件和电路。③换向电磁阀故障。

总之，主机遥控系统故障检修的方法与电气设备检修方法一样。必须掌握装置的原理、各部件的功能。一旦某功能不能完成，只要寻找完成此功能的环节。特别是微机控制系统有自检程序和模拟板，寻找故障点就更方便了。下面举两个例子来说明具体故障检修方法。

例一 AUTO-CHIEF-III 主机遥控系统

它是挪威 NOR-CONTROL 公司产品，采用电-气相结合的手段来实现遥控操纵。它具有功能齐全，操作简单，结构紧凑，可靠性高等特点，下面主要讨论电控部分的工作原理和检修方法。

AUTO-CHIEF-III 电控箱安装在集控室内，控制面板内有 A、B、C、E 四块插件板。见图 8-10。A 板主要是启动逻辑判断线路和逻辑判断给定指示灯驱动线路。A 板的面板上有各种显示和操纵，B 板主要是调速控制回路的各个控制线路；C 板主要是模拟测试和报警控制板；其面板有 RPM 和转速限制显示，有六组 LED 显示系统状况；

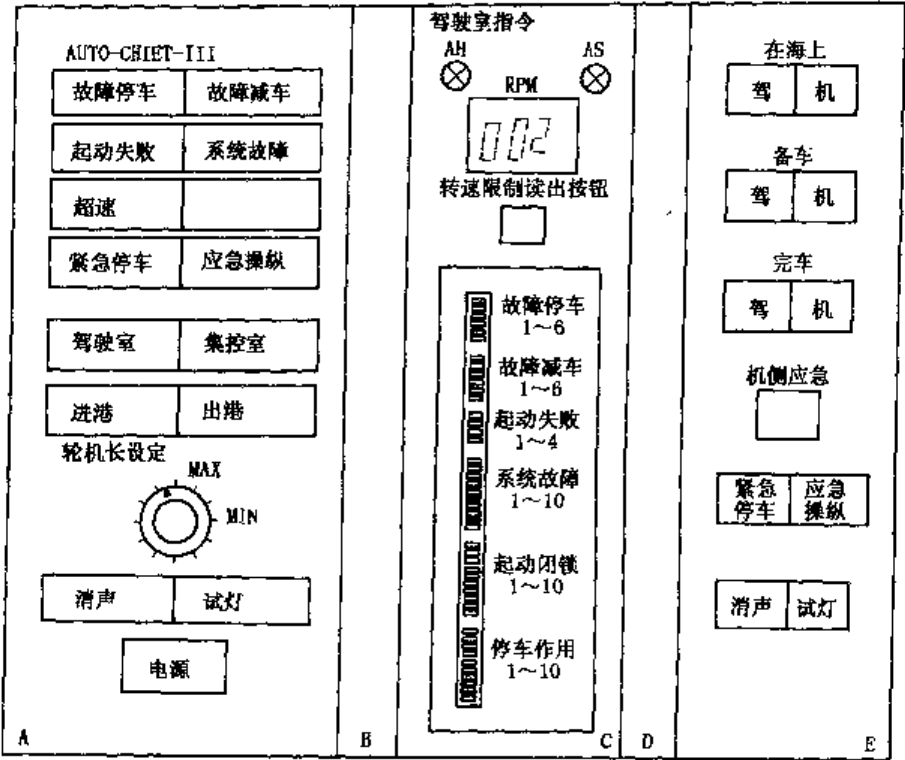


图 8-10 电控箱面板布置图

第一组，故障停车（1~6）供选用，①超速；②主机工作不正常；③机舱发生某些危害主机运行的重大故障。

第二组：故障减速运行（1~6）供选用，①机舱内发生某些重要故障。……

第三组：起动失败（1~4）供选用，①三次起动失败；②起动时间太长；③起动空气压力太低等。

第四组：遥控系统有故障（1~10）供选用，①正在进行模拟测试；②遥控工作空气压力太低；③测速环节不正常；④驾驶室遥控部分有故障；⑤电源电压不正常；⑥主起动阀处于关闭状态等。

第五组：起动闭锁（1~10）供选用，①紧急停车；②故障停车；③超过发火转速 RPM-2；④超过换向转速 RPM-4；⑤停车指令；⑥起动失败；⑦限时起动结束；⑧换向没有完成；⑨测速环节不正常等。

第六组：断油控制（1~10）供选用，①主机转向与车钟指令不一致；②停车指令；③故障停车；④三次起动失败或起动时间太长等。

E 板主要是辅车钟，应急操纵的操作控制线路，其面板有指示灯和操作按钮。

下面分别简介各环节电路原理：

1. 起动控制回路

（1）起动条件判断电路

起动条件判断电路，由图 8-11 中的与非门 8A（CD4068）构成，它装在 A 板上，其输入端子的信号如下：

Q_{1A} ：从移位寄存器 4C-A 组最低位引来首次起动是否结束信号。若首次起动结束，送来 1 信号，使起动限时取消，当停车或首次起动时， $Q_{1A}=0$ 。

24a：ST.UND.SW，由监视是否正在进行起动操作，由装在空气分配器监视压力继电器送来信号，正在起动、有起动空气，压力继电器动作，继电器闭合，送来 0 信号。

当起动成功或停车时，没有起动空气、压力继电器断开，送来 1 信号。

17c：ST.UND.START.INH. (H) 车钟快速换向时，给出取消起动时限控制的指令，有取消指令为 1，通常情况下 0。

START F (L)：起动失败，三次起动失败闭锁为 0，没有失败为 1。

WD (L)：车钟指令与凸轮轴位置信号，一致时为 1，不一致为 0，不允许起动。

AH COM (H)：正车指令信号，正车时为 1；倒车或停车为 0；

AS COM (H)：倒车指令信号，倒车时为 1；正车或停车为 0；

19a；STOP COM (L)：停车指令，停车为 1，否则为 0；

22c；AB.RPM4 (L)：强制制动转速信号，低于强制制动转速为 1，说明允许进入起动空气进行强制制动，高于强制制动转速为 0；

21c；AB.RPM2 (L)：发火转速信号，低于发火转速为 1，允许起动、高于发火转速为 0，不需再起动。

WR (H)：车钟与主机转向信号，当车钟与主机转向不一致时，为 1，一致时为 0。

18a；RPM D.F (L)：测速环节故障信号，正常为 1，故障时为 0。

20a；SH.D.STOP (L)：故障停车指令，正常时为 1，故障停车时为 0。

EM.STOP (H)：紧急停车指令，正常时为 1，有紧急停车时为 0。

当这些所有信号都为 1 时，与非门 8A 才输出一个允许起动的信号“0”（START (L)）。

（2）控制起动电磁阀单元电路

控制起动电磁阀单元电路是由缓冲器 5C，延时电路 RV_3 、 C_{18} 和施密特电路 4D 构成。当允许起动信号 0 来之后，5C 输出低电平， C_{18} 通过 D_{20} 快速放电，使施密特电路翻转为高电平“1”，通过起动电磁阀的驱动电路，使起动电磁阀打开，进行起动。若起动成功或者说与非门 8A 输出为 1 时（即不允许起动），通过缓冲器 5C，输出高电平，对 C_{18} 进行充电延时，延时（1s）到， C_{18} 充到上限门槛电压时，施密特电路 4D 翻转，输出低电平，关闭起动电磁阀。

（3）三次起动计数单元电路

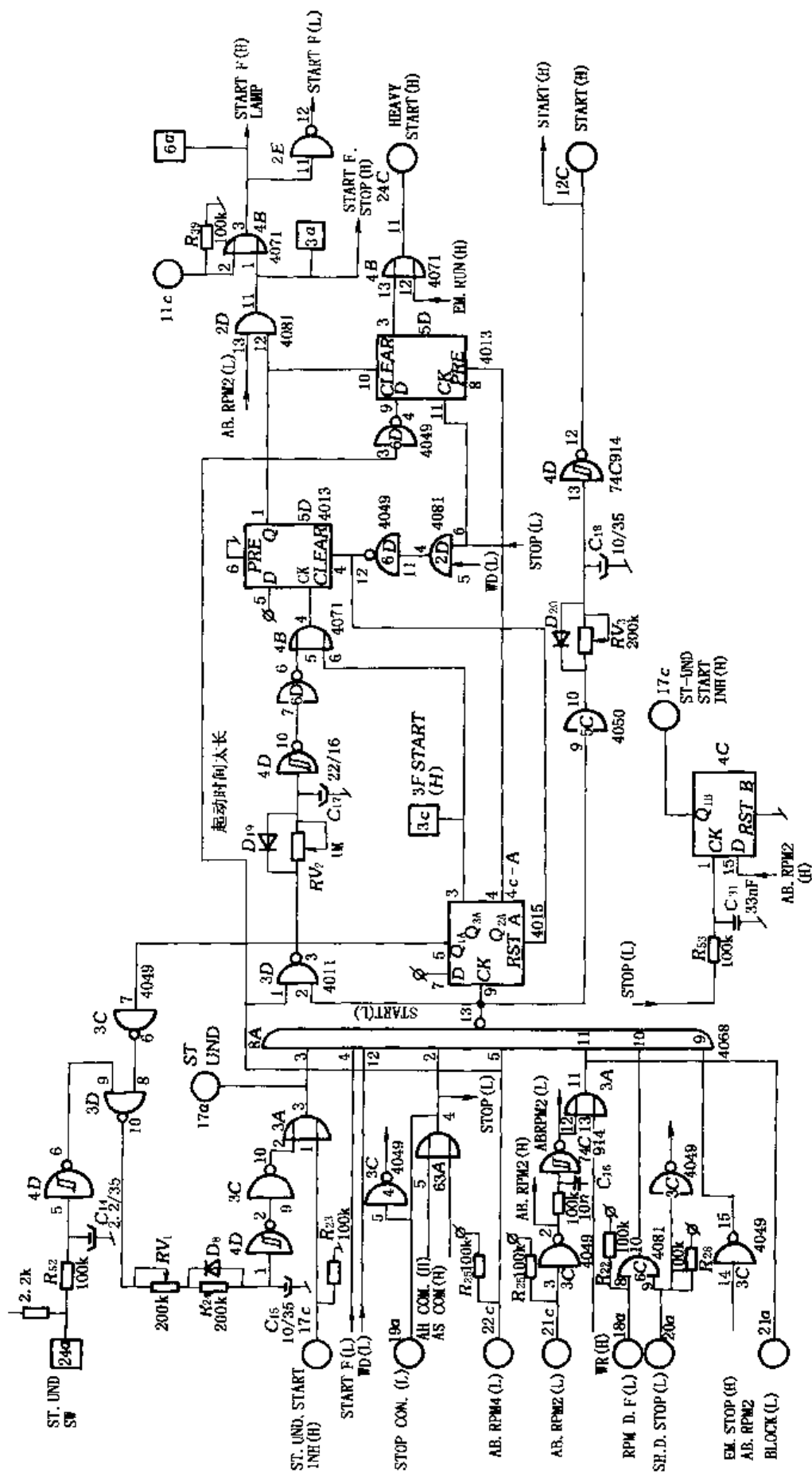


图 8-11 起动控制回路电路原理图

它由移位寄存器 CD4015 构成, CD4015 分为 A 和 B 两组移位寄存器, 这里使用的是 A 组, 它最多可移位四位二进制代码, 但它只使用前三位, 即 Q_{1A} 、 Q_{2A} 、 Q_{3A} , 车钟在停车位置或车钟与凸轮轴不一致时, 移位寄存器被清零, 即 Q_{1A} 、 Q_{2A} 、 Q_{3A} 、 Q_{4A} 均为“0”状态。

首次正车起动, 当达到起动限时, START (L) 输出一个正跳变 (即第一次起动结束), 加在移位寄存器的时钟脉冲输入端 (4C-A-9), 使其移位, Q_{1A} 为 1, 一方面把第一次起动记忆下来, 另一方面去取消起动限时功能, 若首次起动失败, 也就是说, 由于某种原因 (如点火失败) 使已经超过发火转速又降速下来, 引起第二次起动过程, 当主机转速又一次达到发火转速时, 与非门 8A 的 13 端又输出一个正跳变, 使 4C 移位寄存器记下来, 当第三次起动结束时, 也同样有一个正跳变, 使 4C 移位寄存器 Q_{3A} 为 1。

(4) 重起动控制电路

重起动控制电路是由 D 触发器 5D, 非门 6D 和或门 4B 组成, 见图 8-11 右中间部分。

当车钟手柄离开停车位置, 开正车时, 由于 AB.RPM4 (L) 低于制动转速信号为 1, 打开与非 3D-3, 同时, 使 6D-4=0, 在车钟手柄离开停车位置时, STOP (L) 送来一个高电平, 使 5D 触发器输出端 3 为 0, 在没有紧急起动信号 EM.RUN (H) = 0, 所以 4B-11 = 0, 没有重起动信号。若第一次起动不成功, 引起第二次起动, 由于 5D 触发器 11 时钟没有, 而 5D-8 和 5D-11 都为 0, 因此, 5D-3 仍为 0, 没有重起动信号输出。若第二次起动仍不成功, 为了第三次尝试, 应有重起动功能。在第二次起动结束时, 移位寄存器 4C-A 的 Q_{2A} 端 (4C-A-4) 为 1, 这个信号输给 5D-8 置位端, 使 5D-3 输出一个“1”信号, 通过或门 4B, 使 4B-11 输出“1” (HEAVY START (H) 信号, 进行第三次重起动。若车钟手柄从正车拉到倒车, 手柄经过 STOP 位置, 那么 STOP (L) 的信号就是从 1 变为 0, 然后, 从 0 为 1, 在这 0 变为 1 的正跳变过程中, 由于主机惯性, 转速仍高于强制制动转速, AB.RPM4 (L) 为 0, 使 6D-4 为 1, 这样, 在 STOP (L) 的正跳变作用下, 使 5D-3 输出一个重起动信号。

(5) 起动时间太长, 起动空气压力太低, 三次起动失败报警电路。

它是由 D 触发器 5D、或门 4B、与非门 6D、2D 组成, 见图 8-11 右上通道, 起动时间过长监视: 第一次起动限时由 C_{14} 充电延时来整定, 而第二次起动时, START (L) 输出为 0, 使 3D-3 输出为 1, 对 C_{17} 进行充电延时 (即为一次性起动时限) 当延时到, C_{17} 充到 4D 门槛电压时, 4D-10=0, 通过非门 6D, 6D-6=1, 通过或门 4B-4, 5D 触发器的时钟端有一个正跳变, 使 5D 的 Q 端有一个“1”信号, 因为此时还没有达到发火转速, AB.RPM2 (L) 为 1, 2D-11=1, 通过或门 4B 输出一个起动故障停车信号, 同时还给声光报警信号。当发生三次起动失败时, 4C-A-3 即 Q_{3A} 端输出一个正跳变, 使 5D-1=1。同理, AB.RPM2 (L) 为 1, 2D-11=1, 进行三起动失败报警, 并终止起动操作。当起动空气压力太低时, 压力继电器断开, 11c 输入一个高电平, 使 4B-3=1, 停止起动, 并发出声光报警信号。

2. 调速控制回路

AUTO—CHIEF—III 的调速控制回路的结构原理方框图, 如图 8-12 所示。它是按给定的变化规律来发出车钟所要转速的信号, 给 PG 调速器, 作为 PG 调速器的给定值。也就是说, PG 调速器的给定值是按调速控制回路提供的。

其工作过程:

由车钟发出给定转速信号 U_R (2~7V), 送到转速限制电路, 它包括临界转速避让、故障减速、港口转速、紧急运行、紧急停车等, 当给定转速落在或发生这些限制值时, 就只能

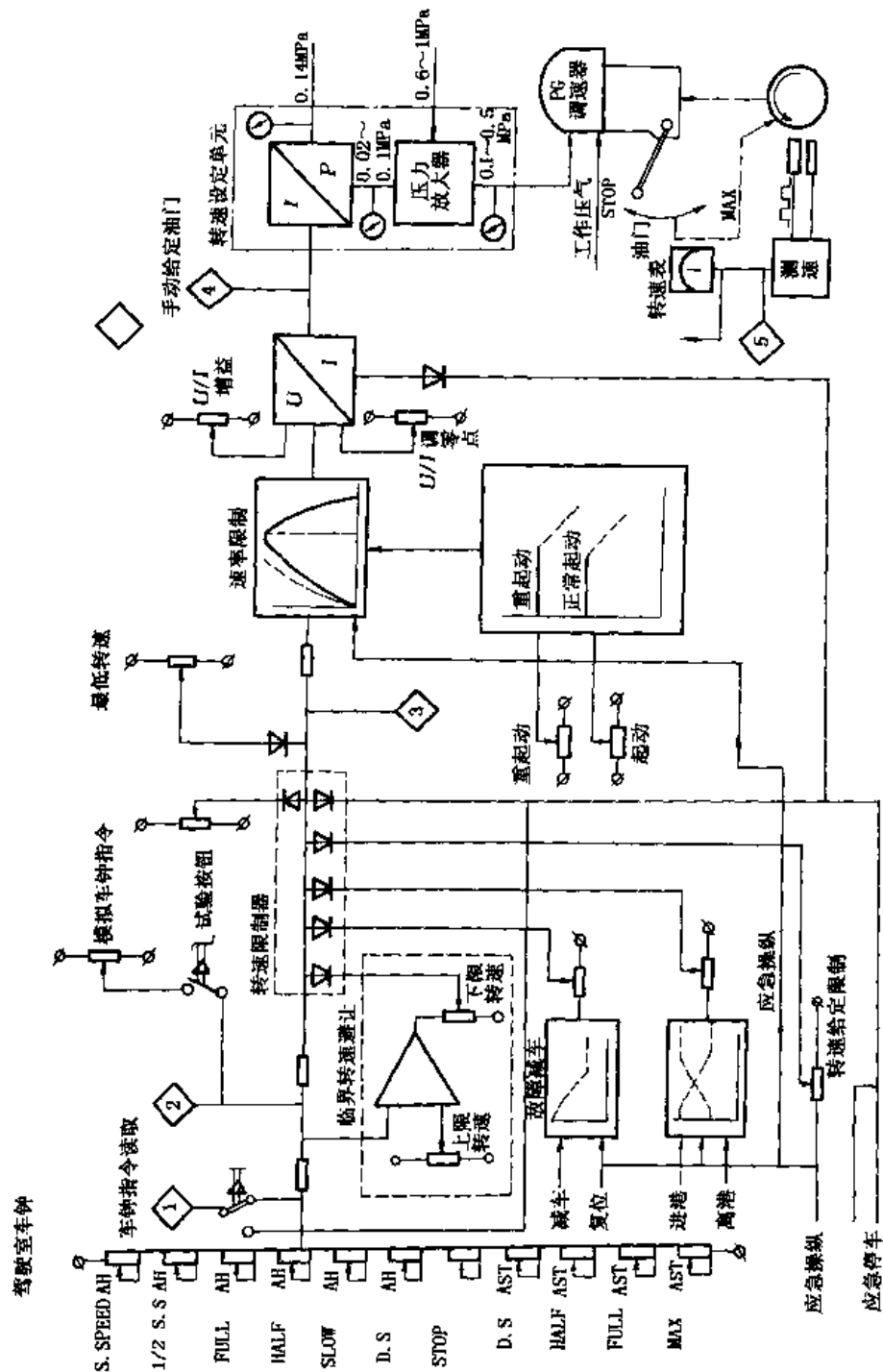


图 8-12 ACF-III 调速控制原理方框图

以限值转速信号,若没有发生限制时,给定转速信号通过转速限制电路加到加速限制器(速率限制),按照预先安排的转速给定值规律变化,见图 8-13。在线段 1,为正常起动阶段给定值变化过程属于快速率,线段 2 为中速段,起动后进入 1 和 2 加速阶段。线段 3 为慢速段,是离港后海上定速阶段。通过速率限制后的车令送给电压/电流变换器,变为电流信号。可见,若车钟给出全速(137r/min),并没有马上给出该给定值,而是按线段 3 慢慢地增加给定值,大约等待 40min 后,才能达到 137r/min 的给定值。又把电流信号变换为气压信号(与电流大小成正比),作为 PG 调速器的给定值,PG 调速器就按新的给定值进行调节油门,使转速保持给定值。

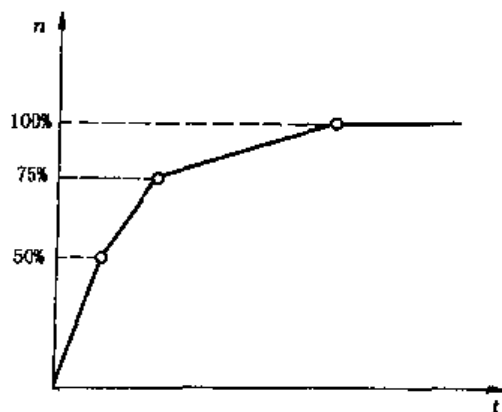


图 8-13 加速限制器特性曲线

除上述的起动控制回路和调速控制回路外,还有换向、制动控制、测速环节、模拟测试环节。我们结合故障检修部分分别再介绍。

3. 常见故障检修

(1) 扳动车钟手柄,没有冲车声音,主机不动

发生这种故障,首先进行常规检查:操作方式开关,按钮开关,复位开关等是否正常,电气控制箱的模拟测试面板的指示灯显示,若显示某种故障,应先排除显示的故障,若没有显示,这种故障可能有两部分,一部分是起动条件的传感器送来的信号有误或没有送来信号,一部分是控制箱内部电路故障。这时先测量 CD4068 的 13 脚是高电位还是低电位,若为高电位,说明起动条件没有满足,就得查每个起动条件:测量换向器与车钟指令是否一致信号 WD(L),若为 0,说明换向没有结束或换向控制单元故障,应检查这一单元,若为 1,这时应检查起动空气压力继电器送来的 SR—UND—SW(24a)端信号,为正常起动空气压力时,它应断开送来的是高电平 1 信号,若它的触点没有打开,也会不许起动。若应急停车按钮没有复位,也不许起动。总之,按图 8-11 的起动条件每个检查。若为低电平,说明起动条件满足可以起动,这时应检查延时电路和起动电磁的驱动电路,这时应查看,起动电磁阀驱动器的发光二极管是否亮,说明起动电磁阀本身故障打不开或引线开路。

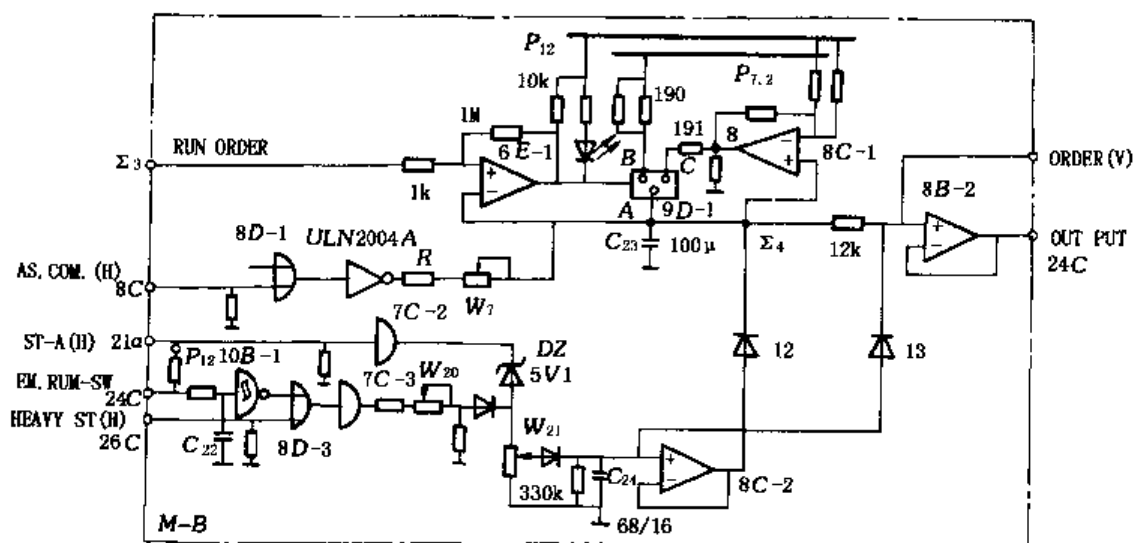
(2) 主机起动时只有冲车,没有发火

有冲车,说明起动判断逻辑和起动电磁阀的控制单元正常,故障出在调速控制回路,没有起动油门控制,这时应充分利用本系统的测试手段来检查。控制箱内有一个 11 档的测试开关,各档能很方便地测出所需参数:

- 1 档:测驾驶室给定转速信号;
- 2 档:测驾驶室给定指令或模拟指令信号;
- 3 档:测经过转速限制器后输出的实际给定转速信号;
- 4 档:测输出 PG—A 型调速器的电流信号;
- 5 档:测实际转速信号;
- 6、7、8 档:分别检测负荷程序控制的 2 个计数脉冲工作情况;

9 档:测起动空气压力,包括模拟起动空气压力的指示值,以便能调节起动空气低压的起动联锁空气压力值。

其电流输出只能断油停车的低值信号。调节电位器 W_0 使之输出电流 4mA 与输入电压 2V 对应, 电流/气压变换器输出的气压为 0.054MPa , 对应最低转速 35RPM , 调节电位器 W_m 使之输出电流 20mA 与输入电压 7V 对应, 电流/气压变换器输的气压为 0.5MPa , 对应海上航行转速 137RPM 。若没有电压信号输入, 说明加速限制器没有输出起动油门电压信号。它的线路原理图, 如图8-15所示。当起动指令 ST-A (H) 来时, $21a$ 端子有“1”信号, 通过缓冲器 (7C-2)、稳压管 DZ5V1 减压后, 由电位器 W_{21} 取分压给电容 C_{24} (停车时, 已充分放电) 进行充电, C_{24} 两端电压很快升高, 通过隔离二极管 13 发送快速率的起动转速信号, 以满足主机起动阶段油气并进的需要。与此同时 C_{24} 的电压还要通过跟随器 (8C-2)、 D_{11}



314

对 C_{23} 充电, 为下一步变速运行做准备。所以, 这时调节电位器 W_{21} 改变起动转速设定值。观察电压/电流变换器的输出电流是否从 0 变大, 若增大, 说明整定起动转速太低或电容器 C_{24} 变质, 泄漏电流大, 引起充电电压减小, 若无变化, 说明电位器本身滑动点没有接触或稳压管 $DZ5V1$ 开路。

电路中的重起动/紧急起动转速给定过程: 当重起动信号 $HY\ ST\ (H)$ 来高电平 1 时, 这时端子 $21a$ 、 $26c$ 同时有“1”信号, 其中 $26c$ 的 1 信号通过或门 $(8D-3)$ 、缓冲器 $(7C-3)$ 再经分压后, 使二极管导通, 加到 W_{21} 的电压比通常起动设定转速的电压高, 因而 C_{24} 发送的指令电压将为主机重起动转速信号, 调节 W_{20} 就可改变重起动转速给定信号。同理, 当按下紧急起动按钮时, $24c$ 端头来一个 $EM.RUN-SW=0$ 低电平信号, C_{22} 放电延时, 施密特电路 $10B-1$ 翻转, 输出一个高电平, 通过或门 $(8D-3)$, 重起动转速信号发出。

此外, 8-15 图中, 还有港内航行的加减车速率控制: 当车钟手柄从前进微速 $(AH-D.S)$ 推到前进低速 $(AH-S)$ 位, 要求加速, 这时, C_{23} 充的电压低于 $(\Sigma 3)$ $RUN.ORDER$ 的电压信号, 电压比较器的同相端高于反相端, 使比较器输出高电平, 电子开关 $(9D-1)$ 接通 $A-B$, 使 C_{23} 进行再充电 $(P_{7.2} \rightarrow R190 \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C_{23})$, Σ_4 的电压按指数规律上升, 给 $PG-A$ 调速器的给定值, 也就按这个规律上升, 设定 $R190$ 、 C_{23} 的时间常数, 使其输出具有中速率的发送作用。当 C_{23} 充到比较器的上限电压值时, 使比较器 $6E-1$ 翻转, 输出 0 信号, 使电子开关 $(9D-1)$ 断开 $A-B$ 接通 $A-C$, 使 C_{23} 获得放电回路, 因为 $8C-1$ 比较器设计时, 总是让它保持负电平, 随着 C_{23} 放电, Σ_4 电压跌落, 当下降到 $6E-1$ 的下限电压值时, $6E-1$ 翻转, 输出高电平, 又重复 C_{23} 充电……。就是这样反复进行, 当达到给定转速后, 该速率控制线路就处于动平衡状态。

(3) 无法自动避让临界转速区

首先看一下, 这套系统的自动避让临界转速区的线路工作原理, 图 8-16 是转速和负荷限制线路图, 它是由运算放大器、门电路构成。图中 $\Sigma 1$ 、 $\Sigma 2$ 、 $\Sigma 3$ 结点上的运算放大器并联, 这些运算放大器具有输出端集电极开路特点。在并联结点上拥有公共的“提拉”电阻, 这种设计具有“低值选通”的功能。车钟指令就这样经 $\Sigma 1$ 、 $\Sigma 2$ 、 $\Sigma 3$ 、 $\Sigma 4$ 的顺序传送下去。

临界转速自动避让过程: 车钟指令发送器来的 $(2\sim 7V)$ 给定转速信号, 通过射极跟随器 $3D-2$, 送到 $\Sigma 1$ 点上, 它一方面通过跟随器 $3C-1$ 送到 $\Sigma 2$ 点上; 另一路通过 $3E-2$ 送到临界转速避让线路上, 当车钟指令低于临界转速的上限值时, 即 $3D-4$ 的反相端电位高于同相端, $3D-4$ 输出低电平, $3C-3$ 给出由 W_2 决定临界转速下限值, 根据“低值选通”原则, 只能 $3C-1$ 输出车钟指令; 当车钟指令落在临界转速区内, $3D-4$ 的反相端电压仍高于同相端, $3D-4$ 仍给出低电平, $3C-3$ 给出临界转速下限值, 这时车钟指令 $3C-1$ 高于下限值, 据“低值选通”原则, $\Sigma 2$ 只能送出临界转速下限值; 当车钟指令高于临界转速上限值时, $3D-4$ 的同相端电位高于反相端, $3D-4$ 输出高电平, 这样 W_2 的电位比车钟指令提高, 即 $3C-3$ 的值比 $3C-1$ 高, 所以, 这时车钟指令信号被送到 $\Sigma 2$ 上。图中发光二极管 $LED15$ 指示灯亮, 表明正在避让临界转速。因为, $3B-3$ 的反相端是由射极跟随器 $3E-1$ 送来的车钟指令信号, 在低于或高于临界转速时, $3B-3$ 的同相端点是高于反相端, 其输出为 1, $LED15$ 不亮, 当车钟指令落在临界转速区, $3B-3$ 的反相端高于同相端, 输出为 0, $LED15$ 亮, 这时 $\Sigma 2$ 发送临界转速下限值。

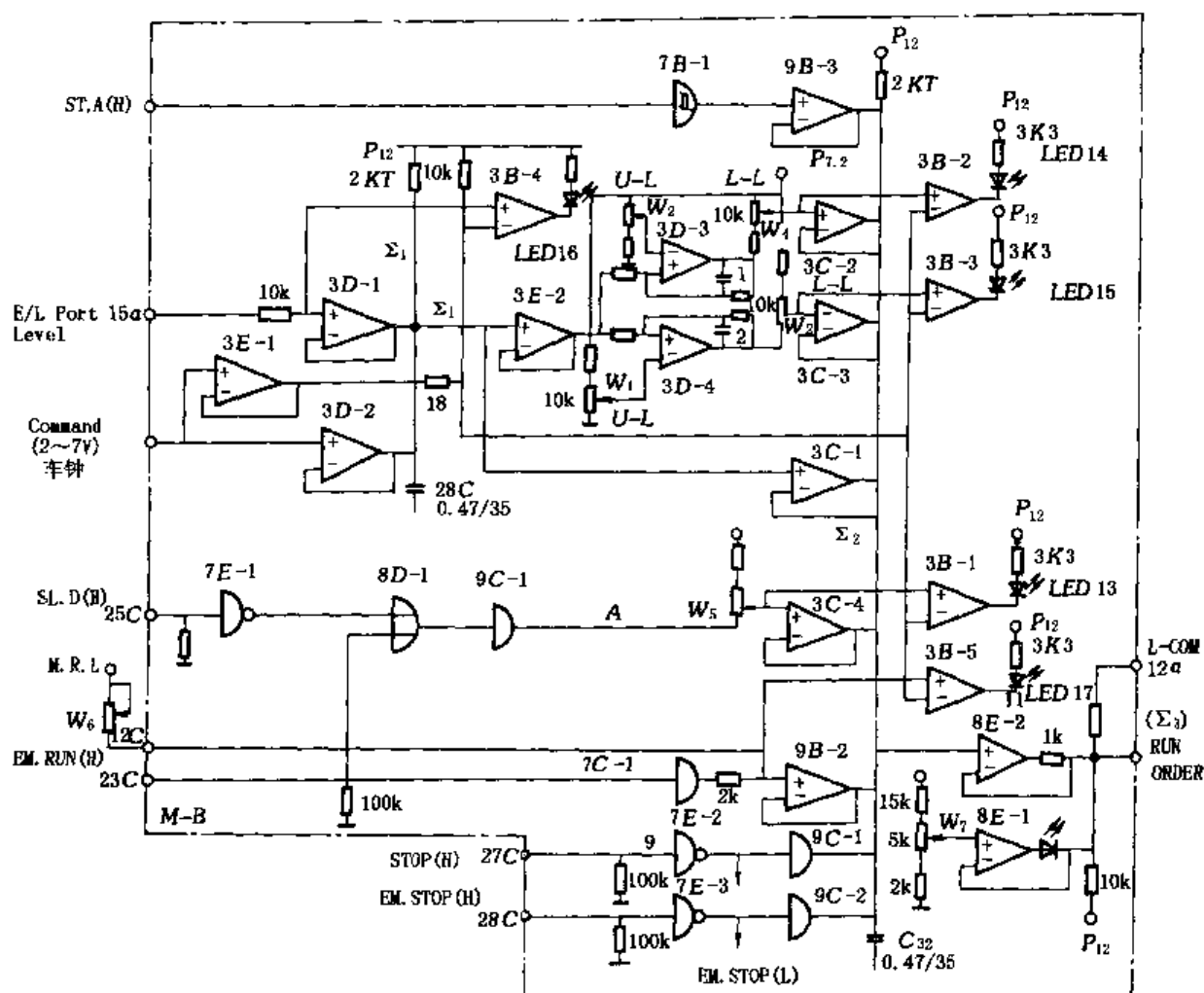


图 8-16 转速和负荷控制原理线路图

图中 3D-3、3C-2 是另一套临界转速避让控制线路，原理一样，只是通过 W_3 、 W_4 整定不同的临界转速上、下限值。

当发生无法自动避让故障时，主要是临界转速上、下限值整定有误或运放管故障。这时，先进行临界转速上、下限值调整：把试验开关拔至试验位，测试开关至第三档。模拟车钟输入 73RPM，调节 W_2 ，使发光二极管 LED15 亮。再模拟车钟输入 89RPM，调节电位器 W_1 ，使发光二极管 LED15 灭，这样就能让主机在临界转速区内避让过去。如果调节这两个电位器都没有反应，就可能运放管 (3D-4)、(3C-3) 损坏。

图 8-16 还有其他功能：

①断油停车和紧急停车功能：

在符合断油停车要求时，STOP (H) “1” 出现在 27c 端，通过非门 7E-2，取出断油停车低电平信号，同时经缓冲器 9c-1，把 0 信号送到 Σ_2 上，这种缓冲器具集电极开路运算放大器一样的特性，参与“低值选通”，实现断油停车功能。同样道理，有紧急停车信号出现在 28c 端的高电平， Σ_2 就出现 0 信号，进行断油停车。

②应急运行：

当应急启动时，23C 端输出高电平，通过 7C-1 缓冲器，使 9B-2 的同相端的最高转速限制电位 (由 W_6 提供) 提高，远比这时操车指令的高得多，这样，通过 3C-1 送来紧

急操车指令到 $\Sigma 2$ 上。取消轮机长的限制转速指令，同样，在紧急运行时， $EM.RUN = 1$ ，通过或门 $8D-1$ 也取消故障减速转速限制指令。

③故障减速和最高/最低转速限制控制功能

在没有应急操车信号时， $23C$ 端为 0， W_6 取出的最高转速限制通过 $(9B-2)$ 和车钟转速信号 $(3C-1)$ 进行“低值选通”处理，若车钟转速指令高于最高转速信号，只能由 $(9B-2)$ 送来最高转速限制值，同时，比较器 $(3B-5)$ 输出“0”，使发光二极管 $LED17$ 亮。反之，送来车钟指令。在 $\Sigma 2$ 上出现低于最低转速限制值时， $8E-1$ 比较器就输出高电平，使二极管 11 导通送来最低转速限制值给 $\Sigma 3$ 。

当发生故障减速时，由安保系统送来一个 1 信号，出现在 $25C$ 端，通过非门 $(7E-1)$ ，变为 0 信号；这时也没有紧急操车指令，或门 $(8D-1)$ 输出 0 信号，它通过缓冲器 $(9C-1)$ ，那么，由 W_5 取出故障减速的转速指令。同时，比较器 $(3B-1)$ 输出为 0，发光二极管 $LED13$ 亮。

④起动时车钟转速指令暂缓作用的控制

在遥控车钟给出动车指令以后，转速指令 $COMMAND (2 \sim 7V)$ 电压就有变化，通过 $(3C-1)$ 就送到 $\Sigma 2$ 上，但是，在起动控制回路送出 $ST.A (H) = 1$ ，打开起动电磁阀时， $ST.A (H) = 1$ 也送到，转速/负荷限制板上，使 $(7B-1)$ 施密特电路翻转输出 0 信号，通过 $(9B-3)$ $\Sigma 2$ 就有 0 信号，封锁住 $(3C-1)$ 车钟指令，这时，起动转速（油门）由起动转速设定电路给出，当起动成功之后， $ST.A (H)$ 就变为低电平“0”，使 $(7B-1)$ 翻转为 1，开放 $\Sigma 2$ ，进行“低值选通”处理。

此外， $15a$ 为进、出港减速、加速负荷程序控制单元来转速指令，参与车钟指令在 $\Sigma 1$ 结点上进行“低值选通”处理。

当这些限制控制失败时，只要找到这些控制元件或调整这些限制，就不难排除故障。

(4) 起动时，起动空气耗量大

发生这种故障时，先检查限时起动控制指示灯 (TIME START ENDED) 是否发亮。发亮，说明起动时间太长，自然就要消耗大量起动空气，若不亮，主机也起动成功，这是起动结束时的延时控制电路中，延时设定太长，这时，只要调节电位器 RV_{13} （在图 8-11 中），使延时时间为 1s 左右，只要保证能正常起动成功就可以。此外，若发火转速的整定值高（比如说 $25r/min$ ）也会使起动空气耗量大。发火转速的整定逻辑电路如图 8-17 所示。转速电压信号送到电子开关 $12B$ ，通过电子开关，加到比较器的反相端与同相端的整定的发火转速值（ $15r/min$ ）比较。当达到发火转速值时，比较器输出一个“0”信号，发光二极管 LED 亮；低于发火转速值时，输出为“1”。可见，只要调节电位器 W_2 ，就可改变发火转速的设定值。当试验开关置在试验位置时，电子开关切换，接通模拟转速信号电压加入，比较器来判断转速判断电路是否有故障。值得一提的是，其他转速（如换向、制动、超速等）判断信号电路与图 8-17 类似，不同只是比较器整定值不一样。

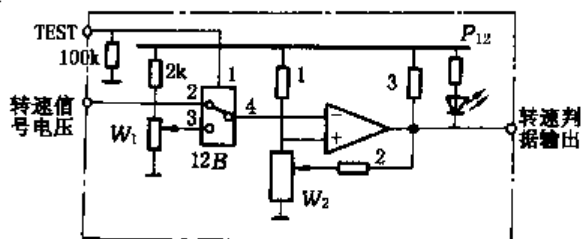
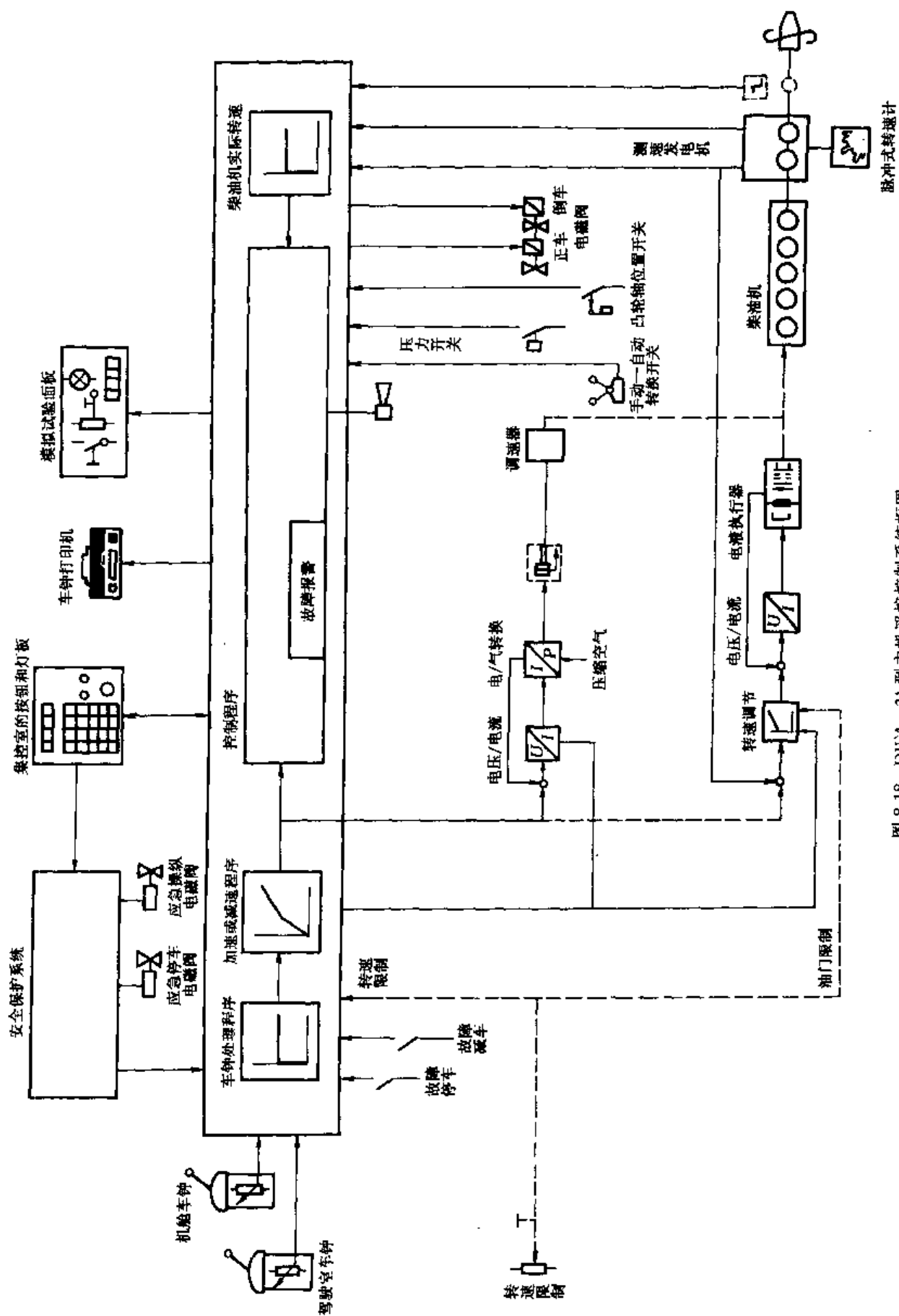


图 8-17 发火转速整定逻辑电路

例二 DIFA-31 型微机控制的主机遥控系统

图 8-18 是 DIFA-31 型微机控制的主机遥控系统框图。该系统具有如下主要功能。



(1) 多地操纵：通过操纵方式开关切换，具有驾驶室、集控室遥控和机旁应急操纵。

(2) 程序操纵：根据主机工况给出的各种输入信号和给定信号，调用换向、起动、变速、停车等控制程序进行遥控操纵。

(3) 各种限制功能：比如说，轮机长最高转速限制，故障减车，临界转速自动避让，转矩、扫气压力限制油量等。

(4) 模拟测试：它专设有模拟显示屏，通过显示屏的显示不仅知道主机运行过程中可以反映指令给定，遥控系统执行程序以及主机实际运行状态，变化情况，而且，还可用来查找故障，此外，DIFA 模拟显示屏上还设置了一些可调电位器，进行参数设定。

(5) 自检报警及遥控故障报警。

(6) 信息联系。

1. 系统的硬件组成

图 8-19 是该系统的硬件组成方框图，它由微机板、扩展存储器板、A/D 转换板、输入/输出板、D/A 转换板、电压监视板、功率放大板、转速调节板等组成。

(1) 微机板

图 8-20 是微机板各功能单元的框图，它是该微机遥控系统的核心，它共有六个功能单元组成。

①中央处理单元 (CPU)：它是采用 8085 芯片，具有 8 位数据总线。16 位地址（低 8 位地址和 8 位数据总线共用，按分时方式。先送低 8 位地址，再送高 8 位地址）的 64K 地址，它从地址寄存器通

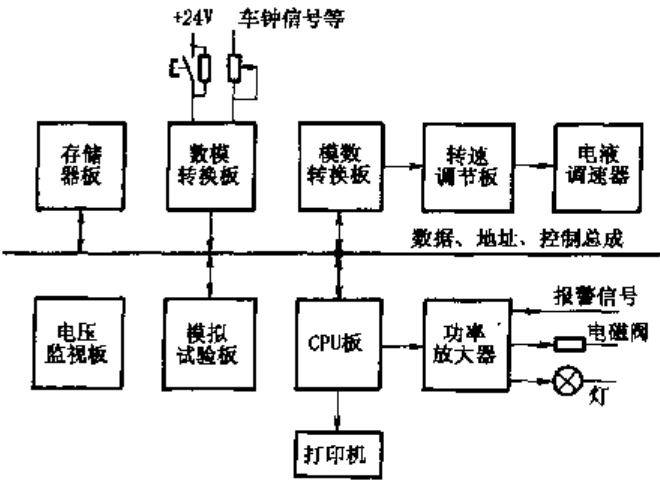


图 8-19 微机遥控系统的硬件组成框图

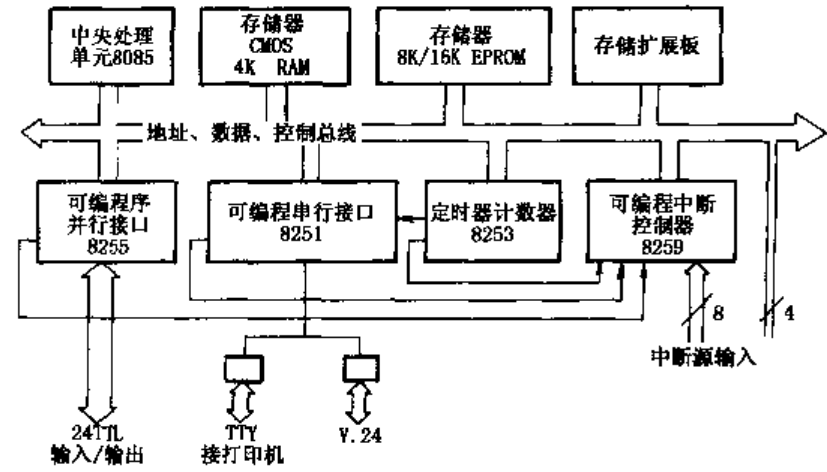


图 8-20 CPU 板的方框图

过地址缓冲器（高 8 位）和数据缓冲器（低 8 位），向存储器送来地址，从而调用了存储器的数据，或从输入/输出接口把数据引到 CPU 单元，从而程序规定的进行算术，逻辑运算，并把运行结果从数据总线上通过数据缓冲器送到存储器或输入/输出接口的寄存器中。具体 8085 芯片的引脚功能可找有关手册，这里不重复。

②存储功能：该板可安装 4K 读写存储器 (RAM) 和 8K~10K 可改写的只读存储器 (EPROM)，它用于存储程序和参数，此外，通过扩展，有一个专门的存储器板。

③可编程并行接口：它是采用 8255 芯片。8255 具有三个接口 (A、B、C)，每个接口 8 位。它是与外围设备进行信息传输的通道之一，在本系统中，它的开关量的输出口用 A

口，是状态指示输出口。它通过功率放大器和 8 个指示灯相连（如凸轮轴在正车、倒车位置的指示灯、盘车机脱开指示灯、驾驶室遥控指示灯、集控室遥控指示灯、起动故障指示灯）。当盘车机脱开时，盘车机齿轮压迫行程开关，使其闭合，在模数板的输入对应通道上就有闭合的信号（3mA 电流信号）。CPU 采样到这个信号时，就会发出一个信号，通过 8255A 口的第 7 位并通过功率放大器，使盘车机脱开指示灯亮，轮机员一看到这个指示灯，就知道盘车机状态。

而 B 口是用指示故障，如起动空气故障指示灯，控制空气故障指示灯，系统自检故障报警等。

C 口是用于控制电磁阀，它通过功率放大电路与各种电磁阀相接（如起动电磁阀，停车电磁阀，正车电磁阀，倒车电磁阀等）。柴油机的起动、停车等操纵都是通过这电磁阀控制柴油机的气动操作系统来实现的。当要正车起动时，CPU 检测到起动空气压力，盘车机脱开，没有故障堵塞等允许起动信号，当这些允许起动信号都满足时，CPU 就输出信号到 8255C 口上的第 0 位，通过功率放大电路，使起动电磁阀有电，打开起动阀，主机开始起动。

综上所述，8255 与外围设备的连接见图 8-21。

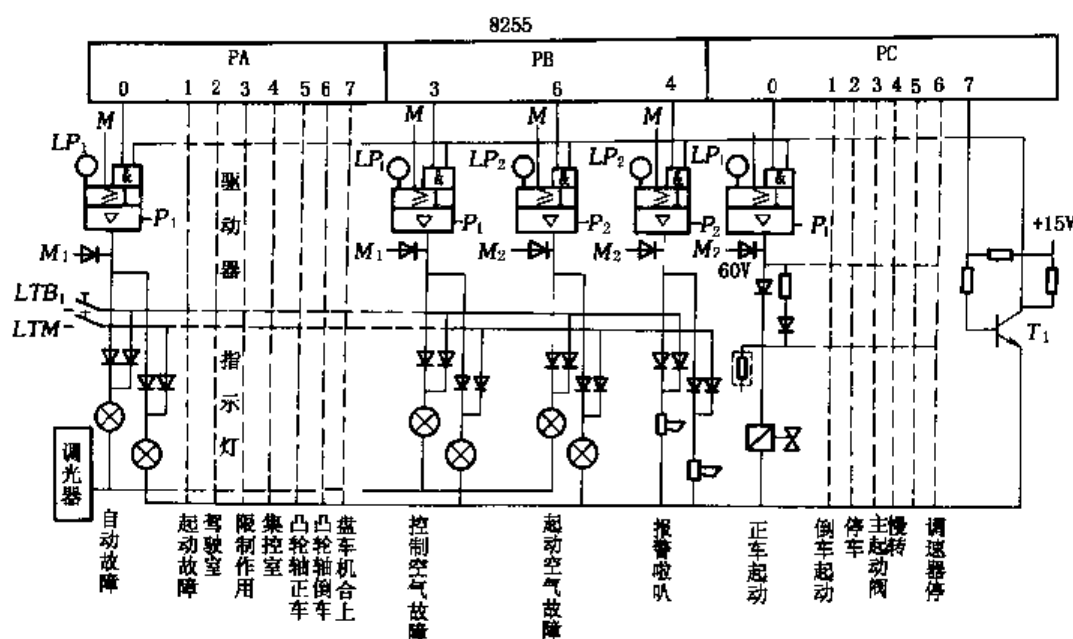


图 8-21 8255 接口外接电路图

④可编程串行接口：它采用 8251 芯片，是微机系统与外围设备又一个重要信息传输通道，它把 CPU 中并行数据变换成串行发送给外围设备（如打印机，显示器等），也可以把外围设备的串行数据变成并行数据引向数据总线上，如键盘输入信息，在本系统中是与车钟打印机相连，用于打印车钟和定时打印主机转速。

⑤可编程中断控制器：它采用 8259 芯片，它只有 8 个中断源：

IR0：可编程定时器 8253 的 1 号计数器计到规定次数（时间）时，请求中断；

IR1：同上，与 2 号计数器相连；

IR3：可编程串行接口 8251 的接收器要接收数据时，发出中断请求，请 CPU 产生中断，而接收数据；

IR3: 8251 要发送数据时, 请求 CPU 中断现行工作而发送数据;

IR4: 存储器出错时, 请求 CPU 中断现行工作, 先处理存储器出错问题;

IR5: 未用;

IR6 和 IR7: 可编程并行接口 8255 的 C 口第 0 位 (PC0) 和第 3 位 (PC3) 发出中断请求信号的输入端。

⑥可编程计数器: 它采用 8253 芯片, 它具有三个独立的计数器, 可用程序来设定每个计数器的次数。当计数器计数到规定的次数时, 这个计数器的输出端输出一个脉冲。

(2) 存储器板

由于微机板的存储器容量有限, 通过扩展, 扩大存储容量, 它装有地址译码器、读、写存储 ROM 和可改写只读存储器 (EPROM)。

(3) 电压监视板

它用于监视外围设备的电源 (+15V、-15V、-5V), 微机板的工作电源 (+15V、+5V) 和存储板上 RAM 的备用电池 (可充电电池)。板上还有值班 (看门狗) 电路, 一旦程序停止运行, 能发出系统故障信号。

(4) 模数转换板

图 8-22 是模数转换板的原理方框图。它是微机遥控系统的输入板, 扳动车钟手柄, 带动车钟电位器, 发出与所要求的车速成比例的电压模拟信号, 送到模数转换板上输入端。当

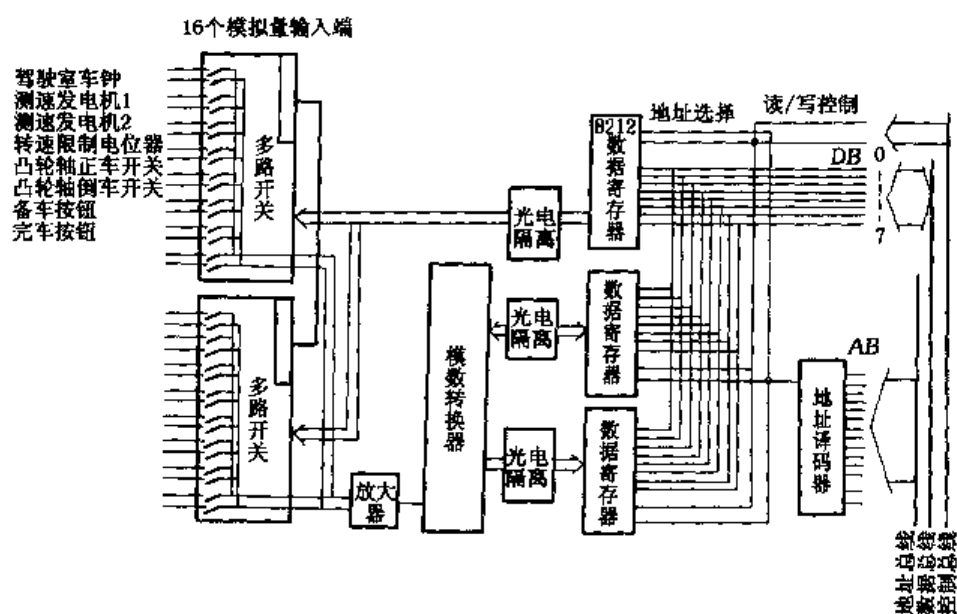


图 8-22 模数转换板原理方框图

CPU 采样该值时, 接通多路对应开关, 通过放大器放大, 变为标准 0~5V 电压信号, 然后, 进行模数转换, 变为数字信号, 放在数据寄存器中, CPU 读取到这个数据, 与现行主机转速数据进行比较, 决定是加速、减速, 还是起动, 停车等操作。而开关量如凸轮轴在正车位置的行程开关、应急操车按钮, 油门在停油位置的开关等等。该系统是采用双位处理, 在闭合时, 传输 3mA 电流信号为标志, 在断开时, 传输电压信号为标志, 这样, 也把开关量当做模拟量处理, 通过模数转换板传输给 CPU, 采用这种方法处理, 便于计算机判别是否有线路或开关触点接触不良的故障。这个模数转换板共有 32 个通道, 分成二个单元, 每个单元 16 通道, 其外部接线示意图如图 8-23 所示。每个输入都与两个端子相连接, 每个连接端

子的线路上都设有微型熔断器（1/16A，125V）作为线路上过流保护。线路上每个通道的分压电阻 R_1 、 R_2 是随输入量的不同而不同，其阻值可以有 15k Ω 、22k Ω 、18k Ω 、33 Ω 、39k Ω 、22 Ω 等多种不同组合，因此，在更换插件时，要特别注意查看除了型号一致外，还需查看各通道的分压电阻是否一样，不得随意更换。该输入线路进行信号标准化处理，统一转换（0~25）mA 信号，送到多路切换开关矩阵电路。

(5) 数模转换板

微机根据车钟指令和现行主机转速的数据进行比较等运算，给出现时油门开度的数据信号，这个数据信号必须通过数模转换板，转换为模拟量，做为 PG-A 调速器的给定转速信号，或电子调速器的给定转速信号。

(6) 模拟显示板：它用于显示信号传输过程，故障、主机工作状态。

2. 软件系统

它是由遥控主机的程序和其他的微机处理程序，如车钟指令程序，检测柴油机实际转速及其它参数的程序、打印程序、自检程序、模拟试验程序等等，这些程序都由厂家固化在 EPROM 中，且软件出故障，只能由厂家来检修或更换微机板。

3. 模拟试验步骤

对于维修人员了解系统大体方框原理和外围设备与其连接情况之后，为了检查、校验系统工作是否正常，为了利用模拟试验来查找故障，必须要掌握模拟试验方法和步骤。其模拟试验面板如图 8-24 所示，面板上的灯和电位器说明见表 8-1。

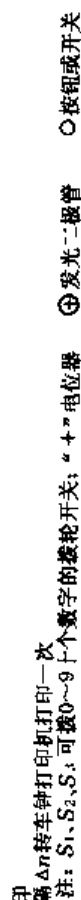
面板灯、电位器说明 表 8-1

编号	名称	说 明 内 容
1	灯	驾驶室遥控时亮
2	灯	主起动阀关闭，可进行模拟试验，灯亮
3	灯	电液调速器工作时亮
4	灯	模拟试验开关 S11 拨向上或拨向下进行模拟试验，灯亮
5	灯	集控室或机旁操纵时亮
6	灯	电液调速器不工作时亮
	S11 开关	向上拨时用驾驶室车钟进行模拟试验。向下拨时，用模拟板上的电位器 R1 代替车钟进行模拟试验
R1	电位器	右边的 0~10 模拟车钟正车 0~10 位置。左边的 0~10 模拟车钟倒车 0~10 位置
7	灯	驾驶室遥控或用驾驶室车钟进行模拟试验时，灯亮
8	灯	用电位器 R1 进行模拟试验时，灯亮
9	灯	驾驶室遥控时灯亮
10	灯	二次起动失败或未能发火时灯亮
11	灯	机舱集控室控制时灯亮
12	灯	车令为正车时亮

续上表

编号	名称	说 明 内 容
13	灯	车令为倒车时亮
14	电位器	用来整定车令的最低转速。例如整定为 35r/min 。当车钟令小于 35r/min 时。计算机输出的车令为 35r/min
15	电位器	用于设定临界转速的上限值
16	左边为灯， 右边为电位器	电位器用于设定临界转速的下限值。当柴油机转速大于临界转速的下限值时，灯亮
17	灯和电位器	电位器用于设定柴油机正车最高转速，大于这一转速时灯亮
18	灯和电位器	电位器用于设定柴油机倒车最高转速，大于这一转速时灯亮
19	灯和电位器	当柴油机发生第二类故障时例如冷却水温度太高，则柴油机转速自动减速。例如减为 82r/min 。电位器用于设定这一转速，称为故障 2 限速。超过这一转速时，灯亮
20	灯	当车令超过轮机长设定的柴油机最高转速时，灯亮。在集控台上有一个电位器，轮机长用它来设定最高转速
21	电位器	用来整定柴油机起动时的油门开度（对应于某一转速，例如 55r/min ）
22	灯	柴油机加速时灯亮
23	灯	柴油机减速时灯亮
24	灯和电位器	电位器用于设定柴油机以快速率加速（或减速）时，每分钟转速的增加率。这一系统设定为每分钟增加 71r/min 。当柴油机以快速率加速（或减速）时，灯亮
25	灯和电位器	电位器用于设定中速率（每分钟增加或减少 6.67r/min ）。以中速率加速或减速时灯亮
26	灯和电位器	意义同上，为慢速率（ 0.67r/min ）
27	灯和电位器	电位器用于设定应急操纵时每分钟转速的增加率（现设定为每分钟改变 23r/min ）以代替正常操纵时的慢速率（ 0.67r/min ）
30	灯和电位器	电位器用于设定由快速率变为中速率时的转速（例如 85r/min ）。称为转折点 1。转速达到这一值时灯亮
31	灯和电位器	电位器用于设定中速率变为慢速率时的转速（例如 105r/min ）。称为转折点 2，转速达到这一值时灯亮
32	灯	把正车信号送到调速器时灯亮
33	灯	把倒车信号送到调速器时灯亮

模拟板右上方的方框代表电液调速器。在它前面测量点 3 测出的信号是计算机送给电液调速器的信号，测量点 4 代表电液调速器输出的信号



325

表 8-2 为与柴油机实际转速有关的灯和电位器。

与柴油机实际转速有关的灯和电位器

表 8-2

编号	名 称	说 明 内 容
45	灯	柴油机停车和模拟试验时灯亮
R2	电位器	用于模拟柴油机的实际转速。R2 在 0 时模拟停车，右边的 0~10 对应于正车。左边的 0~10 对应于倒车。10 对应于最高转速
46	灯	用测速发电机检测柴油机的转速时灯亮
47	灯	柴油机正车运行时亮
48	灯	柴油机倒车运行时亮
49	灯和电位器	电位器用于整定柴油机的实际最低转速（例如为 15r/min）。柴油机实际转速大于此转速时灯亮
50	灯和电位器	用于设定切断起动空气时的转速 1（第一次起动的情况）。现设定为 26r/min。柴油机转速超过切断转速 1 时亮
51	灯和电位器	如果第一次起动失败，进行第二次或第三次或应急操纵时，用它设定切断起动空气的转速 2。现设定为 32r/min。柴油机转速超过这一转速时，灯亮
52	灯和电位器	电位器用于设定换向转速 1，当柴油机从正车变为倒车时（或相反），柴油机的正车实际转速达到换向转速 1 时（现为 33r/min）。凸轮轴进行换向，接着按倒车定时进入起动空气使柴油机在起动空气作用下制动。达到这一转速时灯亮
53	灯和电位器	同上，设定换向转速 2（38r/min）。应急操纵时柴油机转速下降到换向转速 2 时，进行换向
54	灯和电位器	柴油机转速低于电位器整定值（100r/min）时称为港内转速。高于这一转速时灯亮
55	灯	柴油机转速在临界转速上下限之间时灯亮
59	灯	当驾驶室进行应急操纵时亮
S ₉	按钮	模拟试验时，按下这一按钮模拟应急操纵情况
60	灯	计算机工作时这个灯闪光
61	灯	电液调速器停止工作时亮
62	灯	车钟指令改变时亮
63	灯	柴油机第一次起动时亮
64	灯	柴油机第二或第三次起动时亮
65	灯	不允许柴油机起动时亮。（起动联锁）
66	灯	油门杆在停油位置时亮
67	灯	凸轮轴在正车位置时亮
68	灯	凸轮轴在倒车位置时亮
S ₁₀	开关	停车做模拟试验时，开关向上模拟凸轮轴在正车位置。向下模拟凸轮轴在倒车位置。实际运行时放在中间位置
69	灯	正车起动时亮
70	灯	倒车起动时亮
71	灯	停车时灯亮

表 8-3 为故障指示灯。

故障指示灯

表 8-3

编号	名称	说 明 内 容
34	灯	如果两个测速发电机测出的值不一致,表明测速发电机有故障,灯亮
35	灯	由于外部原因使柴油机转速处于临界转速范围内超过 60s 以后灯亮
36	灯	计算机硬件发生故障时亮。如果是暂时性故障,故障排除后,按一下模拟试验板上的按钮 S_7 或中央处理器板上的复位按钮。灯灭,表示故障已排除
37	灯	打印机有故障时亮。(例如打印机断电)。故障排除后把拨动开关 S_3 置数字 8 再按一下按钮 S_4 即可使灯灭
38	灯	车钟系统有故障时灯亮
39	灯	计算机起动时亮
40	灯	柴油机起动失败时亮。三次起动失败后要把车钟回到零位才能重新启动
41	灯	柴油机发生第一类故障时(重大故障)灯亮。柴油机自动停车。停车后要把车钟放到零位才能重新启动
S_5	按钮	模拟试验时按下 S_5 可模拟第一类故障
42	灯	柴油机发生第二类故障(例如冷却水高温等)时灯亮。柴油机自动减速
S_6	按钮	按下 S_6 可模拟第二类故障。执行自动减速程序
S_7	按钮	故障发生后故障灯亮。故障排除后按下按钮 S_7 可使故障灯灭
44	灯	模拟板内有一报警蜂鸣器。蜂鸣器响时灯亮
S_8	按钮	按下它蜂鸣器消音
S_3	数码开关	可以拨 0~9 共十个数码。 S_3 为 0 时,把开关 S_2 和 S_1 拨到某一点号时,例如 01 时,则面板上的 7 段数字显示可显示出面板上方框中点 1 (车钟的车令)的测量值(对应车令的转速值)

S_2 和 S_1 数码开关。可以拨 0~9 共十个数字。 S_2 和 S_1 构成测量点号(当 $S_3=0$ 时)或寻找故障时的故障点号(当 $S_3=1$ 时)。寻找故障的方法以后叙述

面板上还有 4 个 7 段显示器。第 1 个可显示“+”、“-”、“0”、“1”。第 2 个 4 个显示 0~9 十个数。这 4 个 7 段显示用来显示测量值或寻找故障时的显示值。

模拟试验的步骤

对这一遥控系统来说,模拟试验的步骤如下:

- (1) 主机处于停车状态;
- (2) 关闭起动空气管上的截止阀;
- (3) 把操纵台上两个手动自动转换开关转到自动位置;
- (4) 把模拟板上的开关 S_{11} 拨向下面,用电位器 R_1 代替车钟进行模拟试验(如 S_{11} 向上拨,用驾驶室的车钟进行模拟试验)这时模拟板上的灯 1、2、3、8、9 亮;
- (5) 车钟故障灯 38 应该不亮,表示车钟车令信号线路没有故障;
- (6) 把数码开关 S_3 置 0、 S_2 置 0、 S_1 置 1。

使 7 段显示器显示点号为 1 的测量值。点号 1 为车令的转速值。在模拟面板上这一测量点 1 用一个方框中的 1 字来表示;

(7) 转动电位器 R_1 , 模拟车钟的车令。顺时针转到正车 10 的位置上, 7 段显示器在正常情况下应显示“+132”左右, 表示车令为 10 格时对应的正车转速为 132r/min。正车灯

12 应该亮。否则表示有故障。

(8) 如果把电位器 R_1 放在 0 位, 7 段显示器应显示 000;

(9) 如果把电位器 R_1 逆时针转到倒车 10 的位置, 7 段显示器应显示 “- 132” r/min 左右, 倒车指示灯 13 应该亮。

(10) 把 S_3 置 0, S_2 置 0, S_1 置 2, 用来检测测量点 2 的数据, 它是经过计算机处理后输出的车令转速值;

(11) 把 R_1 放在 0 位, 表示车令为停车, 测量点 2 的值应 0;

(12) 把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别放在 0、0、1, 从 7 段显示器观察测量点的 1 的值。把 R_1 转到测量点 1 的值小于 35r/min 的任何位置上, 再把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别放在 0、0、2, 从 7 段显示器观察测量点 2 的值等于电位器 14 设定的最小车令转速 35r/min。故实际车令小于 35r/min 时, 计算机输出的车令仍为最小车令 35r/min;

(13) 把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别置 0、0、1, 转动电位器 R_1 , 使 7 段显示器显示的车令转速在临界转速的范围内, 即电位器 15、16 设定的临界转速 78~68r/min 范围内。灯 16 亮, 表示处于临界转速范围内。把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别置 0、0、2。7 段显示器显示出经计算机处理后的车令 (测量点 2) 始终等于临界转速的下限值 68r/min;

(14) 转动模拟车钟的电位器 R_1 , S_3 、 S_2 、 S_1 分别置 0、0、1, 这时 7 段显示器显示车钟的车令转速, 当这一转速等于或大于临界转速上的上限值 78r/min 时, 经过计算机处理后, 测量点 2 的值和测量点 1 的值是相等的;

(15) 把模拟车钟的电位器 R_1 沿正车方向转到底。7 段显示器显示测量点 1 的值或以大于正车最大转速的整定值 132r/min。但经过计算机处理后的车令转速不会大于, 最多只能等于 132r/min。灯 17 亮;

(16) 把 R_1 沿倒车方向转到底, 7 段显示器显示测量点 1 的值可以大于电位器 18 设定的最大倒车转速 105r/min。但经过计算机处理后的测量点 2 最多只能等于 105r/min。这时灯 18 亮。

(17) 把 R_1 转到正车全速位置, 测量点 1 的值应在 132r/min 左右。这时按下按钮 S_6 , 模拟柴油机发生第二类故障。柴油机应该自动减速, 计算机检测到发生第二类故障时, 输出到测量点 2 的值变为电位器 19 设定的转速 82r/min。灯 19 亮;

(18) 把 R_1 转到正车全速位置, 测量点 1 的值应在 132r/min。如果把操纵台上由轮机长设定的转速限制电位器放在 95% 的位置 (也可为其它值), 则测量点 2 的值约为 125r/min 左右, 即计算机检测到的车令为 132r/min。实际输出的车令为它的 95% 左右;

(19) 把 R_1 置停车位置, 然后转到正车全速位置。这时测量点 2 的值从 0r/min 变为 132r/min 计算机对这一车令进一步处理, 输出到测量点 3 的值分三个阶段进行加速。在 0 到 85r/min (由电位器 30 设定转折点 1 的转速为 85r/min) 之间时, 以每分钟增加 71r/min (由电位器 24 整定) 的快速加速, 灯 24 亮。当转速升高到 85r/min 时, 灯 24 灭。灯 30 亮, 改用每分钟增加 6.67r/min 的中速率加速。当转速升高到转折点 2 时 105r/min, 灯 30 灭。灯 31 亮, 改用每分钟增加 0.67r/min 的慢速率加速, 灯 26 亮;

(20) 把 R_1 从停车位置转到正车全速位置。如果按下按钮 S_9 , 模拟应急操纵, 则转速在 0 到 85r/min 之间时, 以每分钟增加 71r/min 的快速率加速。在 85r/min 到 132r/min 之间时以应急操纵时的速率, 每分钟增加 23r/min 的速率加速;

(21) 如果把 R_1 从正车全速位置转到正车慢速位置时, 则测量点 3 以每分钟减速

6.67r/min 的中速率减速, 灯 25 亮。当转速降到 85r/min 即转折点 1 时, 改用每分钟减少 71r/min 的快速率下降; 这时灯 25 灭, 24 亮, 降到车钟规定的转速时为止;

(22) 如果 R_1 从正车全速转到停车位置 0 时, 则从正车全速降到转折点 2 即 105r/min 时, 是按每分钟减少 71r/min 的快速率减速的, 灯 24 亮。当转速降到 105r/min 时, 油门迅速关闭, 灯 31 灭, 测量点 3 的转速值迅速降至 0;

(23) 在以上试验中, 加速时灯 22 亮。减速时灯 23 亮。车令为正车时灯 12 和 32 亮。车令为倒车时灯 13 和 33 亮。当车令超过它们的设定值 (由电位器 16 到 20 设定) 时灯 16 到 20 亮。其中灯 19 只有发生第二类故障而且车令值又达到电位器 19 的设定值时才亮。灯 30、31 当车令超过它们的设定值时亮。灯 24、25、26、27 分别在快加速、中加速、慢加速、应急操纵加速时亮 (或减速时亮);

(24) 电位器 R_2 是模拟柴油机实际转速用的。为了显示柴油机的实际转速, 可把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别置 0、0、6, 即显示测量点 6 的值。转动 R_2 , 当测量点 6 的转速超过最小实际转速 (15r/min)、切断空气转速 1 (26r/min)、切断空气转速 2 (32r/min)、换向转速 1 (32r/min)、换向转速 2 (38r/min)、高速 (100r/min) 时对应的灯 49、50、51、52、53、54 亮。

以下为起动柴油机的模拟试验。

(25) 把模拟实际转速的电位器 R_2 放在 0 位, 模拟车令的电位器放在正车全速位置。表示车令要求正车全速而柴油机处于停车位置。这时车令为正车的灯 12 亮。柴油机的遥控系统执行起动柴油机的程序。正车起动灯 69 亮。这时应该把模拟凸轮轴位置的开关 S_{10} 向上拨动到凸轮轴正车位置。凸轮轴在正车的指示灯 67 亮。计算机执行正车起动程序, 最多延时 6s, 第一次起动指示灯 63 应该亮。如果在延时的 6s 内, 把模拟柴油机实际转速的电位器 R_2 转到对应于正车切断空气转速 1 (26r/min) 以上, 表示柴油机的转速已超过切断空气转速, 起动成功。如果在上述 6s 内, 不把 R_2 转到正车切断空气转速 1 (26r/min) 以上。表示起动后, 柴油机转速没有在规定 6s 内达到 26r/min, 第一次起动失败, 灯 63 灭。等待 2min 以后, 计算机自动进行第 2 次起动, 第 2 次起动灯 64 亮。如果在第 2 次起动后的 6s 内, 不把 R_2 转到切断空气转速 2 (32r/min) 以上, 表示第二次起动失败, 接着进行第三次起动, 如果在第三次起动后的 6s 内仍然没有把 R_2 转到 32r/min 以上, 表示三次起动均失败, 起动失败灯 10 和 40 亮。这时应把模拟车钟的电位器 R_1 回到 0 位, 才能重新进行起动模拟试验。

以下为进行换向模拟试验的方法。

(26) 把模拟车钟的电位器 R_1 放在正车全速位置, 把模拟此柴油机实际转速的电位器 R_2 也放在正车全速位置。表示柴油机正在正车全速运行。

(27) 把 R_1 从全速正车转到全速倒车位置, 灯 13 亮。转动模拟柴油机实际转速的电位器 R_2 , 使“实际转速”慢慢下降, 当降到换向转速 1 (33r/min) 时, 换向转速指示灯 53、52 相继熄灭, 倒车电磁阀动作, 倒车起动灯 70 亮。延时 12s, 如果在 12s 内没有把模拟凸轮轴位置的开关 S_{10} 拨到倒车位置, 则表示换向失败, 灯 10 和 40 亮。只有把 R_1 放到 0 位后才能做重新起动的模拟试验。

(28) 如果在上述换向延时 12s 内, 把 S_{10} 从正车拨到倒车位置, 表示凸轮轴换向成功, 这时把模拟实际转速的 R_2 转到倒车位置即可进行倒车起动的模拟试验 (与正车起动过程相似)。

(29) 如果从正车转速降到换向转速 1 (正车 33r/min) 的 15s 内, 柴油机的“实际转速”没有从正车变为倒车, 即 R_2 没有从正车转速变为倒车转速, 也表示换向失败, 灯 10 亮。只有把 R_1 放到 0 位后才能做重新起动的模拟试验。

4. 故障检修方法

(1) 检查系统的各种电源, 如 +5V、-5V、+15V、-15V (根据系统而定) 是否正常。

(2) 各指示灯的亮和灭是否正常。如不正常, 该亮的灯不亮, 应试验指示灯本身是否损坏, 如指示灯本身是正常的。可根据指示灯的情况进行检查。

(3) 观察模拟面板上“计算机工作”指示灯 60 是否闪光。如果指示灯本身好的, 电源也是正常的, 则可以检查各印刷电路板是否插牢, 有无松动和接触不良, 连接线有无松开。如果这些均无问题, 可关闭电源拨下微机板或存储器板, 更换备用微机板或存储器板, 重新打开电源看是否正常。

(4) 如模拟面板上的“计算机硬件故障”灯 36 亮, 则检查模数转换板上的两个红灯是否亮。如果红灯亮则更换这块模数转换板, 换板时一定要先切断电源, 检查模数转换板上输入通道上的微型保险丝有无烧坏。

为了检查硬件故障, 还可以用模拟面板上的 7 段数字显示器来检查电路是否正常。检查时, 把开关 S_3 放在 1, S_2 和 S_1 分别放在检查点号的十位数和个位数上。对开关信号来说, 如 7 段显示器的值为 1023, 表示触点闭合。如显示值为 200, 表示触点断开。对模拟量来说如显示值大于 1080 或小于 50 均表示这一路有故障, 可能是连接线断开。

例如模拟面板上“最小实际转速”电位器是一个模拟量, 它的硬件故障检查点号为 $S_3=1$ 、 $S_2=0$ 、 $S_1=0$ 。把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别放在 1、0、0 时, 如 7 段显示器显示的值大于 1080 或小于 50 就表示这一路有故障。

每一模拟量和每一重要的开关量均有对应的检查号, 用上述方法可检查每一路是否正常。详细点号可参考该系统说明书。

(5) 如模拟面板上的“测速发电机故障”灯 34 亮, 表示遥控系统中的两个测速发电机测出的柴油机转速有一定的偏差。可检查测速发电机在 3000r/min 时输出的电压是否为 200V, 如不是 200V 表示测速发电机本身故障。如为 200V 可在印刷电路板上用电位器来调整其零点和最大值, 使两个测速发电机输出的值相同。

(6) 如果模拟面板上的“车钟故障”灯 38 亮, 表示驾驶室的车钟信号输入到计算机的电路有故障。可关闭起动空气和遥控系统的控制空气。把自动和手动转换开关放在自动位置。把模拟板上的开关 S_{11} 向上拨。用驾驶室的车钟进行模拟试验。这时模拟面板上的灯 1、2、3、4、7、9 应该亮。把 S_3 、 S_2 、 S_1 分别放在 0、0、1 位置。把车钟放在 0 位。模拟面板上 7 段显示器的值应为 0。把驾驶室的车钟放在全速正车位置, 7 段显示器的值应为 132 左右, 车钟放在倒车全速位置时, 7 段显示器的显示值也应为 -132 左右。如果显示值不对, 则可能是驾驶室车钟内的电位器或者调整零点和量程的电位器调整不当。

(7) 打印机有故障时, 模拟面板上的“打印机故障”灯亮。这时可检查打印机的电源是否正常。电源保险丝是否烧坏。打印机的纸是否用完。打印机和计算机之间的连线有无接线不良或断线。如以上均无问题可更换一台打印机, 判断是否打印本身有故障。

(8) 除了硬件故障以外, 对于新安装的系统, 如果程序中有错误也会使运行不正常。如果是已经使用过的系统, 存储程序的只读存储器损坏, 也会使整个系统不能正常运行。

(9) 排除微机遥控系统的故障时还应注意下列事项:

计算机系统中有些集成电路芯片不能用手触摸其引脚,以免由于人体带有静电而击穿器件。储存备用印刷电路板时,最好放在导电的泡沫包装材料中,使引脚间互相短路。

按下或装上印刷电路板或维修传感器时,先关掉计算机的电源以免损坏印刷电路板上的器件。

焊接印刷电路板上的元件时,最好切断烙铁电源,利用余热进行焊接,以防烙铁漏电时损坏印刷电路板上的器件。

接插件接触不好,往往是产生故障原因之一。仔细检查接插件是否插牢,有无接触不良现象。

第二节 电子调速器的维修

一、电子调速器的技术要求

在主机遥控系统中,除了把遥控给出的转速信号通过电-气转换后,变为气压信号加到PG-A调速器进行调速外,还有直接通过电动执行器,操作油门杆,改变油门开度,电子调速器,其组成原理框图如图8-25所示。可见,它是一个双环系统,提高了系统的稳定性。该系统的技术要求如下:

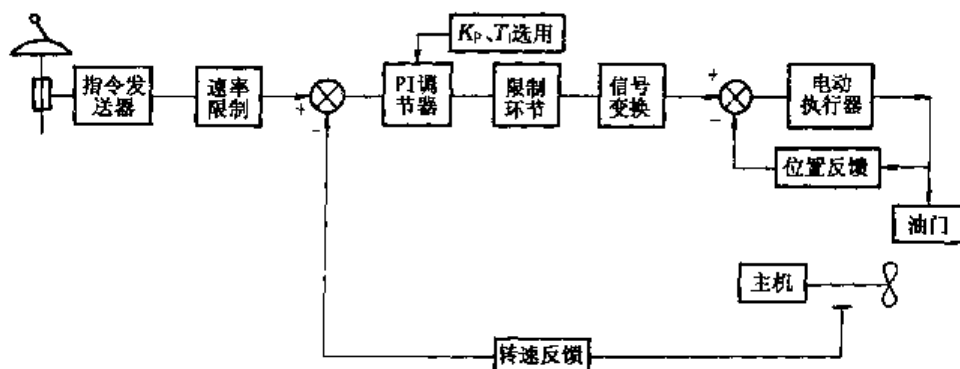


图 8-25 电子调速器原理方框图

1. 调节环节应采用无静差的PI调节规律,具有良好的跟踪车钟指令的精度。
2. 调速器的输出特性曲线应尽量符合螺旋桨的工作特性,使其达到最佳调节性能。
3. 应能接受各种限制,如最高、最低转速限制,最大油门限制等,但在应急操纵下可以自动取消这些限制。
4. 主机安保系统送来故障减速或停车应能立即执行。
5. 电动执行器应有反应快,动作灵敏,制动及时,不能有振荡现象发生。
6. 为了主机操纵的可靠性,能够进行“自动”和“手动”切换,有的在“自动”情况下,还设有“PG调速器”和“电动执行器”之间的选用切换。

二、电子调速器的维护

由于电子调速器的控制箱是装在集控室,只有伺服电动机或电磁线圈安装在机旁,所以,它的维护与主机遥控系统的维护内容一样,由于电子设备不需要拆检,只需做一些清

洁,保持元器件具有良好的散热条件,保持线路板插件牢靠,接触良好。因此,它的维护内容:

1. 试验有关指示灯,及时更换损坏的灯泡或发光二极管。
2. 紧固插件板,插件板插座。
3. 旋紧保险丝,接线柱。
4. 检查电—气(液)变换阀工作是否正常。
5. 检查交、直流工作电源电压是否正常。
6. 仔细检查各引线电缆有无断路故障,屏蔽端是否可靠接地。
7. 对于伺服电动机做为执行器的,应定期检修电动机。

控制回路中继电器、伺服电机、制动器。在拆检伺服电机时,应注意位置反馈,自整角机与油门开度的对应位置。

三、电子调速器的故障检修方法

电子调速器是一个转速闭环系统,实现图 8-25 中方框功能的线路很多。可采用模拟电子线路和数字式线路。目前数字式电子调速器用在现代船舶越来越多。下面以 DGS—8000e 数字式电子调速器为例子来说明电子调速器的故障检修方法。

DGS—8800e 数字式电子调速器是 NOR—CONTROL 公司产品,它可作为主机遥控系统中的一个调速控制回路,也可直接接收车钟指令,进行主机供油的控制,它由两大部分组成,一部分是调节器,另一部分为执行器,它们分别由二个微机系统来控制。调节器接收到车钟指令后,进行对车钟指令处理:如速率限制控制、临界转速避让等,得到一个现时车钟指令与主机的现时转速比较,依据其固有的程序,做出供油信号给执行器,执行器依据调节器的指令,使伺服电机动作,把油门拉到对应的位置。

1. DGS—8800e 数字式电子调速器的功能

DGS—8800e 数字式电子调速器原理方框图,如图 8-26 所示。

(1) 给定转速指令处理

这个功能环节可以接受以下转速指令:

- ①驾驶室、集控室、机旁的车钟转速指令;
- ②保安系统送来的故障减速或停车指令;
- ③接收操作者的程序指令减小最高允许转速;
- ④设定轴带发电机的基本转速;
- ⑤主机遥控系统故障时,给出一个后备转速。

这个环节还进行转速指令的高、低速率限制和自动避让临界转速处理。

此外,还能进行操作方式和状态切换控制,能根据转速给定指令自动地给出起动油门(正常起动,重起动)。

(2) 主机转速检测

它是由磁电感应式转速传感器提供转速脉冲信号,这个脉冲信号通过高、低频滤波器,滤去低频的颤抖噪声和高频干扰,然后,通过飞轮齿数的换算因子,把转速脉冲信号换算出实际转速的数字值。而且,它能对 A、B 传感器通道进行校验,取出正确通道的值,作为调节器的反馈值,并送显示器显示实际主机转速。

(3) 转速调节

一般根据操纵过程中的转速指令和主机实际转速两者的差值就加到转速 PI 调节环节，但是，它考虑了使主机运行特性更好啮合螺旋桨特性和调节品质，采用了复合控制方式。由图 8-26 可见，它具有转速指令的前馈控制，提高了系统的跟踪精度，在 PI 调节回路中，在其前设置了的低偏差值的死区处理环节，有效抑制低放大倍数的噪声，比例调节环节不仅随海况自动调节增益，而且还根据主机延时估计器来改变其增益，增设主机延时估计器是 DGS—8800e 调速器一个特色，它考虑对不同的转速指令，应给出主机的油门不一样，不是一个常量增益，若常量增益，大转速指令应给出大油门，但是，主机是热工机械，并不是大油门的进入的油量都全部化为热能，由于供气不足等因素，不是成比例，这样就浪费燃油，所以，按照主机的燃烧特性，使它能充分发挥良好的燃烧性能。它必有一个延后，而且，这个延后是随转速指令大小变化而变化的。简言之，主机延时估计器的作用就是使转速指令大时，不要马上按不变比例系数开放油门，而是，按燃烧性能要求加大油门。

(4) 燃油限制环节

由图 8-26 可见，它是把处理后车钟转速指令、转矩限制、增压压力限制、手动限油进行取小运算，取出小者转速指令信号，然后进行信号转换处理，变换为执行器的所要求给定的位置信号。

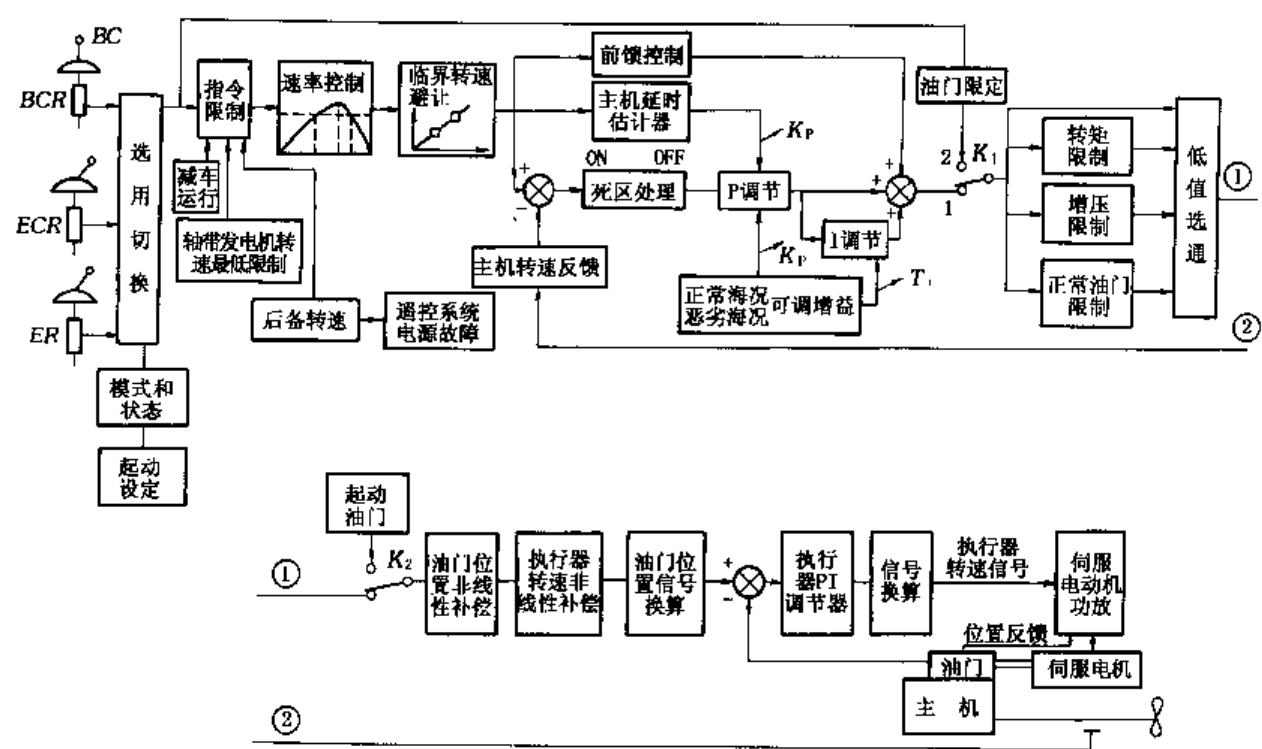


图 8-26 DGS-8800e 原理方框图

(5) 执行器

由调节器送来要求油门位置信号，与实际油门位置信号进行比较，其偏差值通过执行器的 PI 调节运算之后，进行信号变换处理，变为伺服电机的转速指令信号，该信号通过功率放大器，使伺服电机转动，带动油门，使之达到调节器所输出的要求油门。

2. DGS—8800e 操作使用

DGS—8800e 的操作使用是通过控制箱面板的按钮（键）进行的，图 8-27 是控制箱面板图，由图可见，头行排列调节器，执行器的工作方式，工况指示和故障报警的三组指示灯，

中间是参数和数据选用，最后方框内是控制方式和试验按钮。

1) 调节器部分

(1) 调节器部分三组指示灯

①工作方式指示灯

NORMAL——正常工作方式，当车钟手柄一离开“STOP”位置，当改变参数的钥匙转到打开位置时，系统就自动进入这个工作方式，在这种工作方式下，即使主机运行，也可以模拟车钟转速指令和增压空气压力信号，但不能模拟主机实际转速信号。

IDLE——准备工作方式，当车钟手柄在“STOP”位置时，它就自动处于这种方式，在这种方式下，可进行试验，参数修正和自检工作。

SETPOINT——直接供油控制方式，当改变参数钥匙插入并处于“OPEN”位置时，按下“FUEL.SETPNT”按钮，就进入这种方式，在这种方式下，越过调节器功能，所以，在主机运行工况下，使用这种工作方式应小心。通常只用于测试执行器特性。

TEST——试验工作方式，只有车钟手柄在“STOP”位置时，才能被选用，系统能给出所有模拟输入信号。

CALIBRATE——校正方式，主机停车情况下，按下“CAL”按钮，就进入校正工作方

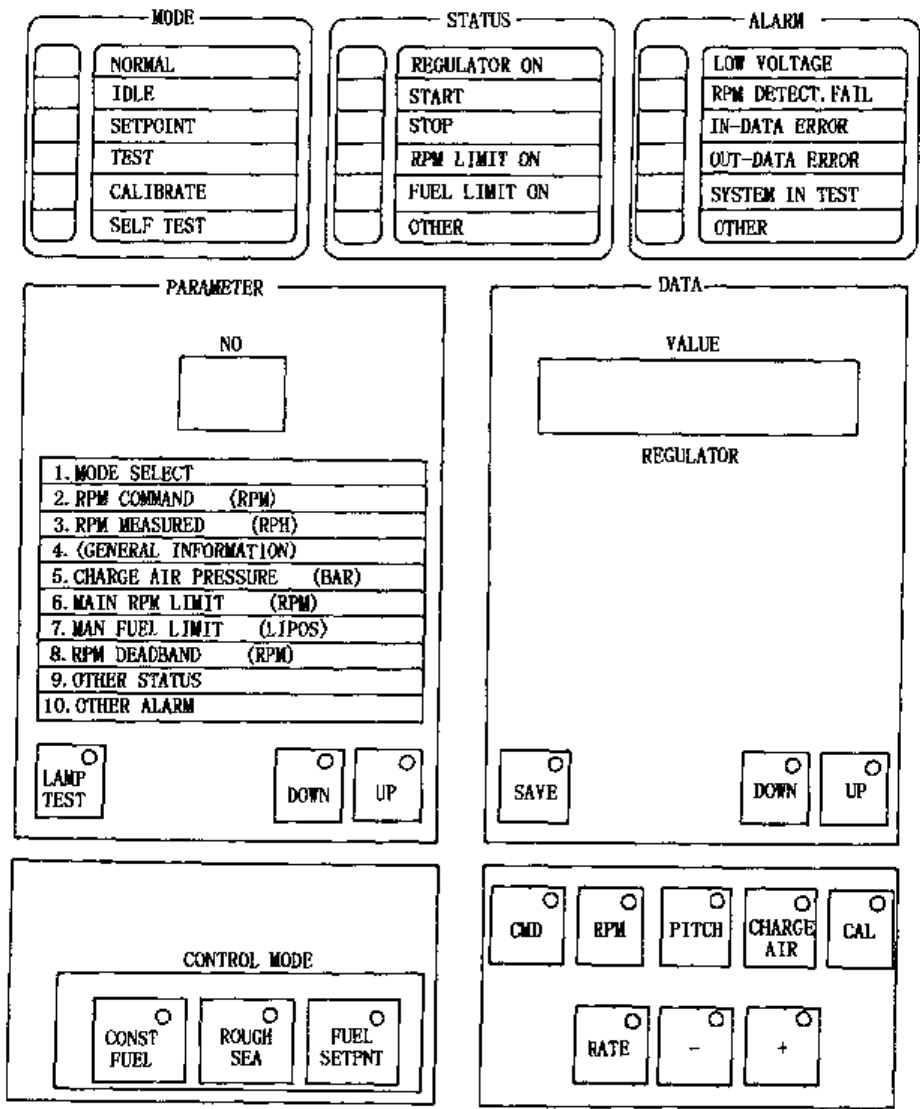


图 8-27 DGS—8800e 控制箱面板图

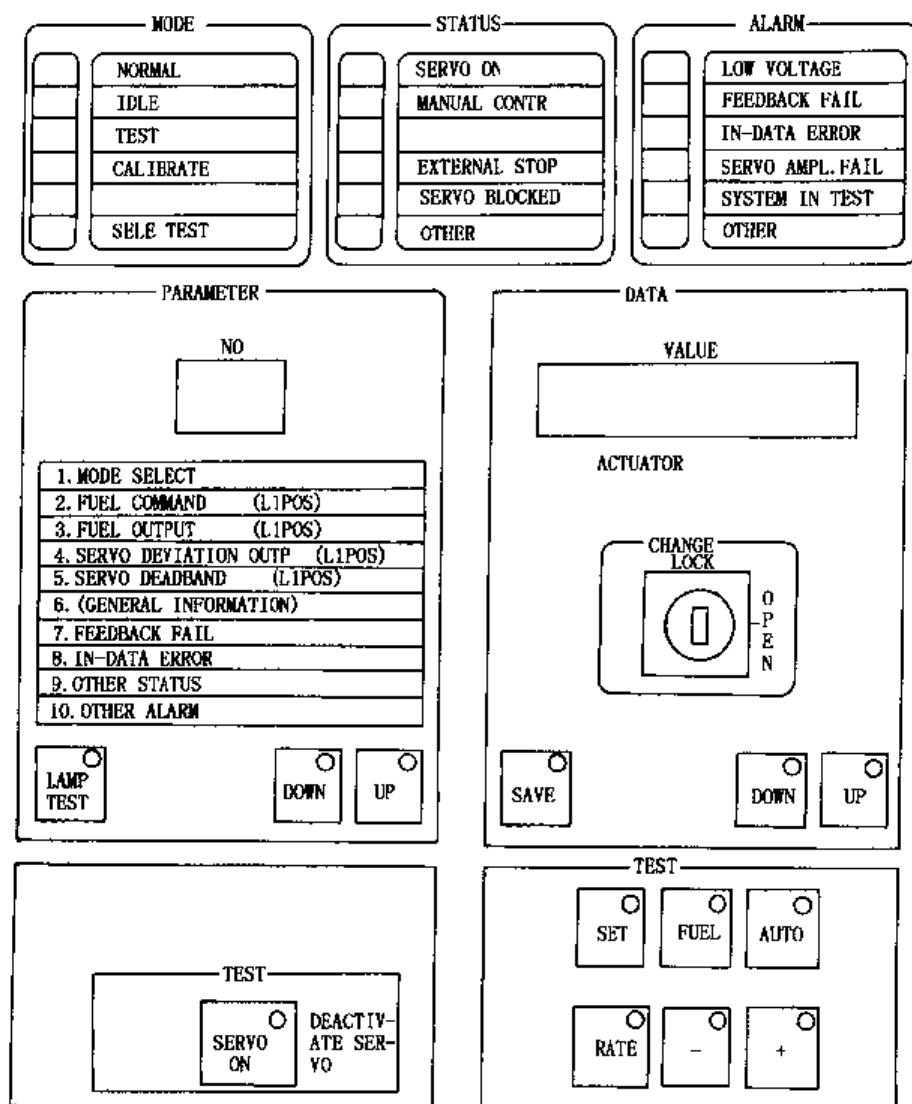


图 8-27 DGS-8800e 控制箱面板图 (续)

式。

SELF TEST——自检，主机停车情况下，按下“LAMP TEST”按钮，进入自检微机的存储器，如果存储器正常，就会显示“REG-UP”，如果有问题，就显示“Error”。

② 工况指示灯

REGULATOR ON——系统处于工作状态，正在调节油门。

START——主机处于起动状态，油门在起动位置。

STOP——系统在停车状态，车钟给定转速指示为 0。

RPM LIMIT ON——车钟转速指令正被手动转速限制，临界转速限制等所设置的限制条件所限制。

FUEL LIMIT ON——调节器输出的供油信号正被某种条件所限制，比如说，手动限制、增压限制、转速限制等。

OTHER——其他，由参数选择 9 这一项中显示出。

③ 故障报警指示灯

LOW VOLTAGE——电源电压低故障。

RPM DETECT FAIL——转速检测硬件故障。

IN-DATA ERROR——车钟指令或增压传感器的模拟信号输入故障。

OUT-DATA ERROR——调节器与执行器之间的通信传输故障。

SYSTEM IN TEST——系统在试验或校正工作方式。

OTHER——其他。

(2) 调节器的参数和数据选用

参数的选用，数据的修改可以操作“DOWN”或“UP”按钮来给定所选的参数、修改的数据都可在显示器上显示出来，调节器的参数项目可参见说明书（这里省略）来进行选用。数据修改后，应按下“SAVE”按钮，微机才能按新选用参数，数据进行调节。

(3) 调节器的控制按钮

CONST FUEL——按下此按钮，按钮上的红色指示灯亮，调节器就处于稳定油门控制，即在车钟转速与实际转速的偏差在“死区范围”，一般在 ± 2 转，调节器就维持现有油门，不参与调节输出，这样便于执行器的稳定动作，延长执行器的寿命。死区范围的修改在选用参数8，然后在数据部分的“DOWN”或“UP”按钮来减少增加死区转速，液晶显示出所改的转速值。当“稳定油门”控制方式释放时，指示灯不亮，这时，自动取消死区范围。对于轴带发电机的系统，可不用这个环节。

ROUGH SEA——当按下“ROUGH SEA”按钮，按钮上的发光二极管亮，就进行恶劣海况的增益设定，同时，调节器可引入了微分功能，用参数选用部分的“DOWN”或“UP”按钮，NO的显示器（左边）显示73。数据部分的显示出“D——GAIN ON/OFF”再按下“SAVE”按钮，就实行PID调节。按下“ROUGH SEA”指示灯灭，调节器就按正常的PI调节。

FUEL SETPOINT——当参数修改钥匙插入并在“OPEN”位置时，按下该按钮，指示灯亮，相当于图8-26的开关 K_1 合上2位置，调节器进行定值供油工作方式，油门刻度就直接用车钟手柄控制，在“DEAD SLOW”位置，就给出0%的油门刻度，在“FULL”位置就给出100%油门，在这种工作方式，油门的限制功能还是有效，防止主机过载，但是，没有转速反馈，就容易造成“超速”。当按下该按钮，指示灯由亮变为灭，调节器按正常规律工作。

(4) 试验按钮

当选择在试验工作方式时，按下试验按钮上CMD RPM等；就可模拟输入相应的信号，信号的大小可用“+”或“-”按钮来改变，按下“RATE”按钮，可加快，或减慢修改速度，在正常工作方式下，当按下“CAL”按钮时，可按入一个人为方波噪声加到转速测量脉冲信号上，以便检查调节器的调节动作。

2) 执行器部分

它与调节器部分相似，也是由一个微机系统组成。

(1) 执行器的三组指示灯

①工作方式指示灯

NORMAL——系统正常投入工作方式。

IDLE——系统的准备工作方式，系统正在做检测，转换所有输入信号。

TEST——系统处于试验和模拟工作方式，操作面板可模拟输入信号。

CALIBRATE——系统处于校正工作方式。系统起动不同于系统，自动生成一些合适的参考信号来微调系统的特性。

SELF TEST——自检，当按下“LAMP TEST”按钮，系统就进入自检微机系统。

②状态指示灯

SERVO ON——伺服机在正常工作。

MANUAL CONTR——手动控制，用试验操作的“+”或“-”来控制执行器。

EXTERNAL STOP——外部停车，由外部的紧急停车指令或故障停车指令。使执行器输出给伺服机为“停车”信号。

SERVO BLOCKED——执行器被堵塞，是由于开关键环节出故障引起的。

OTHER——其他。

③故障报警指示灯

LOW VOLTAGE——电源低电压故障。

FEEDBACK FAIL——反馈不正常。

IN-DATA ERROR——输入信号不正常。

SERVO AMPL.FAIL——伺服放大器故障。

SYSTEMINTEST——系统处于试验或校正工作方式。

OTHER——其他。

(2) 执行器的参数选用和数据修改

当用参数选用部分的“DOWN”或“UP”所选用的编号数，例如“3”，在NO；显示器（左边）显示出“3”，就是执行器输出燃油门的测量，在数据部分的显示器上就会显示出当前油门刻度，如50.0标度。若把钥匙插入并在“OPEN”位置就可修改，在参数选用在“SERVICE CODE”即选在服务子系统工作方式下，一个完整的数据可供于修改选用。

(3) 执行器的操作按钮

SERVO ON——指示灯亮，伺服机构投入工作，按下该按钮指示灯灭，切换到手动控制。当调节器在停车状态下，进入准备工作方式时，操纵单元的控制指令输入就自动地使执行器入“正常”和“伺服器投入工作”工作方式。

(4) 试验按钮

SET——选择按钮，选择执行器的输入是面板模拟还是调节器输出，当在校验和机旁校验工作方式时，SET按钮能够逐步改变模拟指令输入给执行器。

FUEL——选择执行器位置信号是试验面板模拟，还是反馈信号。

AUTO——在校验工作方式下，按下该按钮，就进行自动校验工作，在机旁校验工作方式下，按下该按钮，就进行“自动”定零点。

RATE——改变模拟量值的变化快、慢。

(-)——减小模拟量，在手动控制方式，可直接控制执行器输出位置。

(+)——增加模拟量，在手动控制方式，可直接控制执行器输出位置。

3. 故障检修

当DGS—8800e控制箱出故障时，其面板上故障报警指示灯就会闪烁，根据指示灯的故障进行检查和修理，下面分别介绍调节器、执行器的故障检修方法。

(1) 调节器部分

①电源电压低故障 (LOW VOLTAGE)

当发生电源电压太低故障报警时，打开控制箱，调节器部分的内部电源监视模块NN—825（左下角）就有从上到下顺序排列4个故障指示发光二极管，第一个为+24V_{DC}提供给

调节器的电源电压太低，第二个为 $-15V_{DC}$ 输出电源电压太低（图中未标示）；第三个 $+15V_{DC}$ 输出电源电压太低；第四个为 $+5V_{DC}$ 输出电源电压太低。当系统工作电源电压太低就会使系统工作不正常，我们根据模块的故障指示灯和系统反映出的工作不正常现象分析，故障原因和处理方法，见表8-4。

电源电压低故障报警的原因和解决方法

表8-4

故障现象	故障原因	处理方法
24V故障灯亮，燃油联锁阻塞	① 装在执行器单元内的电源变换器没有24V电源模块	检查电源接线，端头是否有断路，检查各单元板上的保险丝
$\pm 15V$ 故障灯亮，但系统正常运行	① 电源监视器本身故障 ② 15V电源输出电压小于12V	测量15V的电源电压，若正常更换电源监视器模块NN-825
$\pm 15V$ 故障灯亮，而且模拟输入信号不正常	① 15V电源线短路 ② 15V电源内部单元故障	① 检查通道17-21接收模块是否存在短路 ② 更换DC-DC变换器
5V故障灯亮，但系统正常运行	① 电源监视器模块故障 ② $+5V$ 电源输出电压小于4.75V	① 更换DC-DC变换器 ② 测量或调节5V电源
5V故障灯亮，而且系统不能正常工作	① 5V电源输出外部有短路 ② 5V电源单元内部故障	① 检查负载是否短路或过载 ② 更换DC-DC变换器

②测速机构故障 (RPM Detect Fail)

当发生测速机构故障指示灯亮时，说明有干扰信号或其他信号被送到调节器的处理器模块上，这时应参数选用在16，在数据显示器上就有数据，不同的数据显示就有对应的故障，见表8-5，若这种干扰信号是瞬间的，这时按数据部分的“UP”或“DOWN”按钮，就复位。

测速机构故障代码和解决方法

表8-5

数据显示值	故障	处理方法
X0	无故障	
X1	接口适配器的30通道回路故障	检查调节器内部单元，接口适配器30通道卡，并看是否有开路故障，发光二极管（上）或短路故障指示发光二极管发亮，若有查对应故障
X2	接口适配器31通道回路故障	同1处理，不够应查31通道
X4	接口适配器30通道信号故障或A测速探头故障	① 检查调整测速探头间隙 ② 清洁测速探头 ③ 更换探头 ④ 检查探头的工作电源（箱内端子号1-3或5-7） ⑤ 更换NN-791模块上的计数器集成块IC-18a ⑥ 更换NN-791处理器模块
X8	接口适配器31通道信号故障或B测速探头故障	同4故障处理
X3	组合故障	见1和2

续上表

数据显示值	故 障	处 理 方 法
X5	组合故障	见 1 和 4
X6	组合故障	见 2 和 4
X7	组合故障	见 1、2 和 4
X9	组合故障	见 1 和 8
XA	组合故障	见 2 和 8
XB	组合故障	见 1、2 和 8
XC	组合故障	见 4 和 8
XD	组合故障	见 1、4 和 8
XE	组合故障	见 2、4 和 8
XF	组合故障	见 1、2、4 和 8

注：数据显示值为 10 或大于 10 见“输出信号故障”的处理方法

③调节器输入信号故障 (IN - DATA ERROR)

当输入信号故障指示灯亮时，说明有某些错误的模拟信号输入给处理器单元。这时首先进行调节器试验，把钥匙插入并转到“OPEN”位置，报警显示就变为“系统在试验”指示，按下“CMD”、“PITCH”或“CHARGE AIR”按钮，就能模拟一个输入信号给处理器，若故障消失，说明接口适配器外的传感器或电路连接线故障，若故障没有消失，就得检查适配器的通道卡或连接线等。为了能够检查到具体故障输入通道，系统提供一个参数 17 选用，在参数选用区用“UP”或“DOWN”按钮，使 NO 显示器显示 17，那么，数据显示器就会显示具体故障代码，其对应故障和处理方法见表 8-6。若故障是瞬间的，按数据区上的“UP”或“DOWN”就能复位。

调节器输入信号故障代码和处理方法

表 8-6

数据显示值	故 障	处 理 方 法
00	无故障	
1	接口适配器 17 通道（控制室备用板上转速指令通道）故障	①更换或调节接口适配器的卡 ②检查传感器、传输电缆 ③按操作方式 2 的参数调节 I/O 参数
2	接口适配器 18 通道（驾驶室或集控集的车钟转速指令信号通道）故障	
4	接口适配器 19 通道（用于可调螺距螺旋桨的反馈信号通道）故障	
8	接口适配器 20 通道（用于增压压力传感器）故障	
10	接口适配器 21 通道（用于机旁应急操纵转速指令信号通道）故障	

注：组合故障数据显示器将显示各个故障代码的组合。

④输出信号故障 (OUT DATA ERROR)

当输出信号故障指示灯亮，说明调节器与执行器之间传输信号错误。这时，对执行器进

行校核试验，直接按执行器上的参数选用区的“UP”或“DOWN”按钮，若执行器能工作，就得更换传输扁平传输线或数据缓冲寄存器卡。若不能工作，应更换执行器部分的处理器。在调节器上参数选用区，按“UP”或“DOWN”按钮，选用参数 16，数据显示器就能显示更具体的故障代码，其对应故障和处理方法见表 8-7。

输出信号故障代码和处理方法 表 8-7

数据显示值	故 障	处 理 方 法
00	无故障	
10	数据传输故障	更换插座 J6，调节器或执行器处理器、数据缓冲寄存器卡
20	数据缓冲寄存器丢失或错误信息	
30	见表 8-2 和 1 和 2	
≥40	无用	不需处理

⑤其他报警

当故障排除，而报警没有复位时，其他报警指示灯亮。这时参数应选用在 16，按“UP”按钮能复位过去的“测转速探头”故障或“输出信号”故障；而选用 17 能复位“输入信号故障”。

(2) 执行器部分

①电源电压低故障 (LOW VOLTAGE)

同调节器部分对应故障处理。

②反馈故障 (FEEDBACK FAIL)

当反馈故障指示灯亮，说明送到处理器上数据缓冲寄存器检测的传感器信号有误。这时，在执行器的参数选用区选用参数 17，数据显示器就能显示出具体故障代码，其对应故障和处理方法见表 8-8。复位按数据区的“UP”或“DOWN”。

反馈故障代码和处理方法 表 8-8

数据显示值	故 障	处 理 方 法
00	无故障	
01	数据超出范围	检查反馈机械机构
02	错误方式	定时器工作方式有误
04	中断变换，伺服机转动太快	检查导线连接，定时器
08	伺服机转动太慢或不转	①检查定时器，并调节 ②检查三相电源 ③检查油门架上的反馈机械、限位开关、齿轮
10	回路故障，中断变换数据值	检查传输电缆

③输入信号故障 (IN—DATA ERROR)

当执行器的输入信号故障指示灯亮，这时选用参数为 8，数据显示器显示具体故障代码，其对应故障和处理方法见表 8-9，复位按数据区的“UP”或“DOWN”按钮。

执行器输入故障代码和故障处理方法

表 8-9

数据显示值	故 障	处 理 方 法
00	无故障	
01	可能由看门狗电路引起的调节器故障	检查调节器信号
10	①缓冲寄存器故障 ②数据传输故障	①更换缓冲寄存器 ②更换传输扁平电缆
11	01 和 10 组合故障	按 01 和 10 处理

④伺服放大器故障 (SERVO AMP FAIL)

当伺服放大器故障指示灯亮时,故障可能发生在执行器处理单元传输电缆或第 13 通道转速接口适配器卡上。这时检查“ABS”电源上的状态指示发光二极管:

- “Servo Power Supply”指示灯亮,伺服电源正常;
- “Servo drive enable”指示灯亮,伺服机构可运行;
- “El Motor Thermic Shut Down”指示灯亮,伺服电机过热,而关闭;
- “24Volt Connection in DSU not Operative”指示灯亮,执行器没有 24V 电源。

(3) 内部故障

调节器和执行器数据显示内部故障信息,所对应故障和处理方法见表 8-10。

内部故障显示信息和故障处理方法

表 8-10

数据显示值	故 障	处 理 方 法
- error1 ~3	RAM 故障	用修正卡修复
- error4 ~5	E ² PROM 故障	更换已固化程序的 E ² PROM
- error6 ~7 或 error	E ² PROM 故障	更换处理器板 UD5 位置的 E ² PROM
8888888	①冻结故障 ②试验按钮故障	①见冻结故障处理或更换面板模块 ②更换试验按钮
无显示	冻结故障,即按任 按钮,系统不反映	①把系统电源断开 5s 以上,然后再合上使系统重新启动 ②更换处理器模板 ③更换液晶显示器的电缆

(4) 执行器不稳定

造成这种故障的原因有:①执行器的比例增益太大;②调节器的增益太高;③调节器的“死区”太小。所以,这时只需调节这些参数,使执行器能够稳定运行。

由这个例子可见,对于微机监控系统的维修,维修人员应仔细阅读说明书和用户手册,了解了系统的功能、结构、布局、工作原理或过程以及故障现象。充分利用系统本身的自检功能,就能比较方便地找出故障原因,然后,确定检测修理方法。

第三节 巡回监视系统的故障维修

巡回监视系统是一种多测点的自动检测装置,它能够准确可靠地代替值班轮机员巡回检测机舱主要设备的运行状态。如对主机的温度、压力、转速、油门,对辅柴油发电机系统的温度、压力、电压、电流、功率等运行参数的自动检测。当被检测的参数超出规定范围时,

它能给出报警信号和进行报警打印记录。根据装置的检测点数和打印方式,它还可以担任轮机日志的抄写工作。巡回监视装置还能定时(如一小时、两小时、四小时)和随时召唤全点自动显示、自动打印记录检测参数值、时间和检测点的序号(或设备名称、序号),随时进行显示等。由于它能大大地减少指示仪表的数量因此其检测的点可多达好几百点,简化显示报警,便于集中管理。因此,在船上广泛应用,是无人机舱的必备装置。特别是微型计算机应用于船上,使用微型计算机控制的巡回监视系统,更显示它的优越性。使用微机控制,可大量减少传输线、减少故障率、提高可靠性、降低成本,同时整机体积小,功能强,操作方便。它具有很强的自诊断功能。微型计算机具有快速运算和逻辑判断能力。所以处理检测信息的时间是很少的,有大量时间可用于系统的自身检测、从电源到传感器、从 A/D 转换器到 CPU 等。凡是易出现故障必须监测的器件都可以设法让 CPU 进行检查,一旦发现故障,可以通过声光报警和 CRT 显示告诉值班人员,能够及时、方便地排除故障。

一、巡回监视系统的维护

由于巡回监视系统是对机舱的主要设备运行参数进行检测,报警装置必须保持测量准确,报警可靠,为此,应进行日常维护保养,其内容和要求如下:

1. 在航行时,对该装置每天至少进行一次试验。一般在装置上均设有试验按钮,可通过该按钮进行试验,要求灯光信号可靠,音响装置应有足够的音量,否则应及时修复。若是计算机控制系统有自检程序,每时每刻都进行自检,所以就没有必要进行上述试验。

2. 定期(每三个月一次)检查下列内容:

(1) 检查外电路的温度、压力、液位等传感器工作情况,能否正确反映它们的变化。检查这些传感器的微动开关的动作准确性、灵活性,特别是微机控制系统的开关量的微动触点两端并联的高阻电阻是否完好。

(2) 清除测温元件护管外的积垢,保证感温元件与被测物体紧密接触,保持被测物表面光洁。

(3) 检查各检测元件,继电器等的整定值是否符合技术要求。

(4) 检查各信号传输线屏蔽是否完好,是否破损、紧固,严禁把传输线敷设在电力电线上,以防止工频(50Hz、60Hz)干扰。

(5) 检查各报警器功能,消警功能,打印机的自检。

二、巡回监视系统的故障检修

目前船上使用的巡回监视装置有两种类型。一种是电子式的,由分离元件和集成电路构成,另一种是微型计算机(微处理器)控制的。由于微机价格便宜,通用性和灵活性强,船上广泛采用,我国已研制出十六位、三十二位的微电脑集中监视装置,国外造的 80 年代的无人机舱船舶也大部分采用微机巡回监视系统。

对于微机巡回监视系统的故障检修,可按系统的自检的显示故障点,进行检修。由于船上的条件的限制,一般都采用替代法。因此,对于这种系统,船上维修人员应上足系统备件(备用插件),而对于可修复的组件应及时修复,以便以后替代。而传感器的故障检修,一般都是整个换新,对于可修复的传感器也要送有关专业修造厂进行。需要较高的精密仪器检修和校验,所以,对于这些传感器一般在船上是无能力修复,在船上只能对这些传感器可更换的元器件的部分,进行更换修复。

对于电子式的巡回监视系统，一般都附有故障分析方框图或故障流程图，按其方框图进行检修。由于这种巡回监视系统线路复杂、元器件多，自检功能差，所以维修难度较大，应根据装置说明、原理，进行维护和检修。

总之，不管是电子式，还是微型计算机控制，主监控器都是电子器件构成，所以可按电子设备检修方法来进行。实践证明，巡回监视系统中故障较高的是外围设备和传感器，应对这些器件加强维护、检查，使其保持良好的工作状态。下面举二个例子来说明故障检修方法。

例一 KM—2 机舱监视报警装置

KM—2 机舱监视报警系统是挪威 Autromica 公司的产品，它具有：①对主机、辅机、油柜、水箱等设备的运行参数进行监视报警；②分组、延时、延伸报警方式；③自检功能；④试灯、消声、消闪应答操作；⑤闭锁（报警点退出）操作；⑥对模拟量，监视单元调校操作，修改报警限操作等功能。系统参数设计时，选配的传感器，对于温度参数选用：Pt100 型铂电阻、T802 型补偿式热敏电阻、GA—5 型有源热电偶，GC 型温度变送器。对于压力参数选用：GT—9 型压力变送器和 GT—10 型差压变送器；对于开关量选用：压力继电器、温度继电器等开关触点。

1. 工作原理

KM—2 监视报警装置的结构原理框图，如图 8-28 所示。下面简介各单元的工作原理：

(1) 开关量报警通道单元 (KMC—230)

KMC—230 型线路原理图，如图 8-29 所示。由图可见，一块插板有二个相同 A、B 开关报警通道电路，每个通道电路由输入延时电路、比较电路、逻辑电路和分组二极管组成。现以 A 通道工作过程为例：当被监视点发生故障时，通道 A 由传感器送来的输入开关量信号，通过输入延时电路 $R_{103} \sim R_{105}$ 、 C_{101} 延时，使比较器 A_{1-1} 翻转，输出为高电位，加到逻辑电路 D_{101} 的输入端，使其输出端子电平发生变化，这时， D_{101} 的 15 端子变为低电平，在通道 A 报警指示发光二极管 H_{101} 亮，同时外接的指示灯也亮；端子 8 输出高电平信号送到分组报警单元；端子输出高电平送到延伸报警控制单元，按下 S_1 开关，就进行消闪操作，使发光二极管变为平光。当按下闭锁 A 通道按钮时，14C 端子就出现低电平，比较器的同相输入端被箝位于低电平，输入如何变化，也不会使比较器 A_{1-1} 翻转，使 A 通道退出报警监视。

(2) 模拟量通道报警单元 (KMC—210)

KMC-210 单元线路原理图如图 8-30 所示，其工作原理：

当变送器送来（各种）信号通过厚膜型电路，W 转换为 1~5V 标准信号。当达到报警值时，比较器 A_{1-1} 就翻转，使开关管 V_{103} 导通，输出 A 通道信号。这个信号同时通过 R_{106} 和 C_{103} 延时后，再经前置电阻 R_{128} 和 R_{110} （其接在“H”位置表示 A_{1-2} 实现高限比较；接在“L”位置表示 A_{1-2} 实现低限比较），当达到报警值时，比较器 A_{1-2} 翻转，输出高电平给逻辑电路 D_{101} 使输出端 15 端变为低电平，发光二极管 H_{101} 闪亮，表示该测点发生报警，B 通道与 A 通道一样，但是，把 A 通道的前置电阻接成高限，而 B 通道前置电阻接成低限，就可用于监视某一个参数的上、下限报警。

(3) 偏差报警通道单元 (KMC—220)

KMC—220 的线路原理图，如图 8-31 所示。由图可见，比模拟报警单元线路，各通道多了一个比较器。其工作原理，以 A 通道用监视气缸冷却水温度为例，由温度传感器送入厚膜输入电路 W 并转换为 1~5V 标准信号，经 A_{1-1} 比较放大后，送到高、低限报警的比较

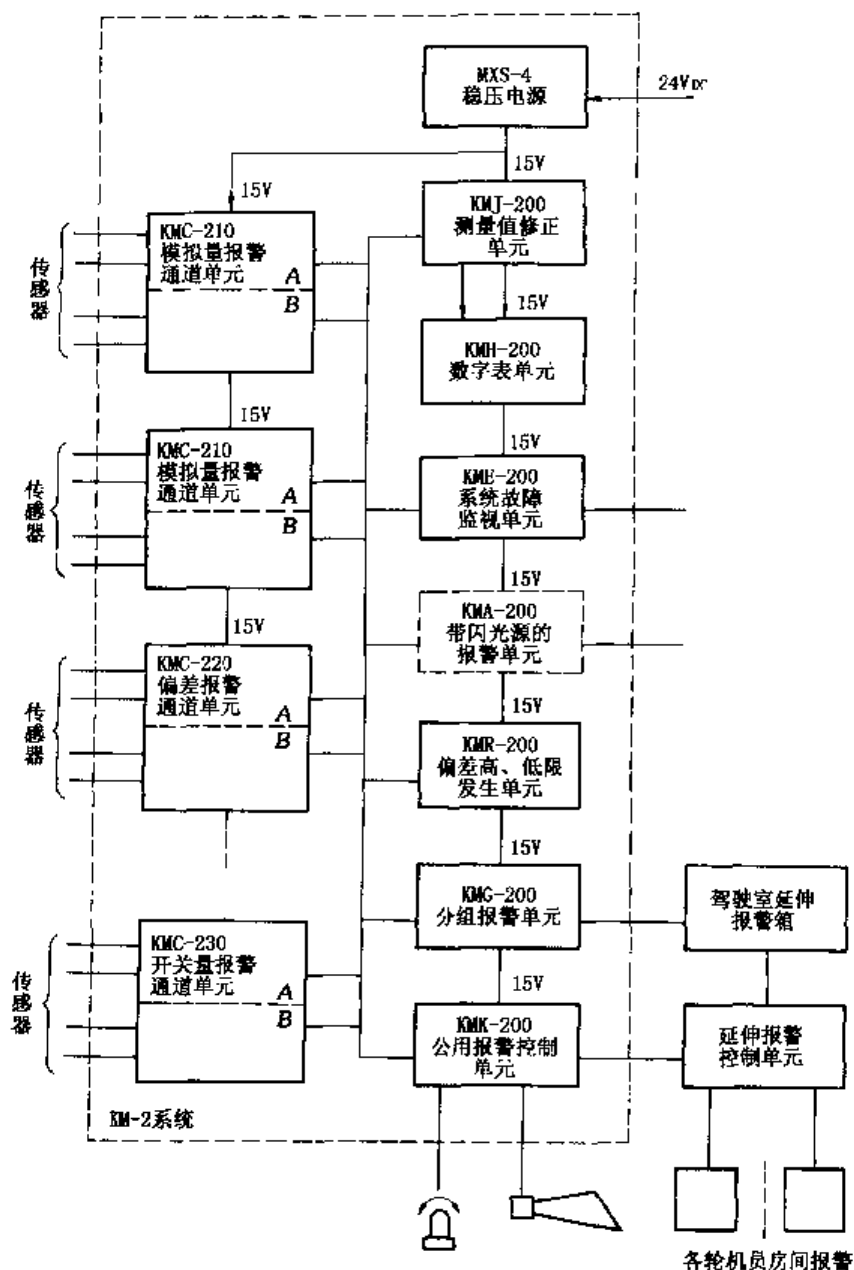


图 8-28 KM-2 型监视报警装置的结构原理框图

电路 A_{1-2} 、 A_{1-3} ，若冷却水温度低于或高于由 KMC-220 送来的报警极限值，则通过或门 V_{110} 、 V_{111} ，使 D_{101} 翻转，15 端子输出低电平， H_{101} 发光二极管闪亮。按下 S_{18} ，把 H_{101} 指示灯变为平光；按下 S_{38} ，B 通道 H_{201} 指示灯变为平光，同时按下 S_1 和 S_2 ，或 S_2 和 S_3 ，可显示实际冷却水温度。

(4) 偏差高、低限发生单元 (KMR—200)

KMC—200 线路原理图，如图 8-32 所示。其工作原理：

由偏差报警单元送来的平均值信号通过 R_5 、 C_1 滤波延缓后，经跟随器 A_1 ，一路送到低限报警比较器 A_{4-1} ，另一路送入高限报警的补偿网络 (A_2 ， A_{4-1} ， A_{3-1})，然后，通过跟随器 A_{3-2} ，加到高极限比较器。当冷却水温度低于某值（整定 R_{19} ），平均值输入的信号低于 A_{4-1} 的同相端，使 A_{4-1} 输出高电位，通过 V_2 ，导致 A_{3-2} 输出电平抬高，从此取消偏差报警。当冷却水温度高于某值（由 R_{28} 整定），使 A_{4-4} 输出低电平，通过 V_7 ，使 A_{3-4} 被箝位于

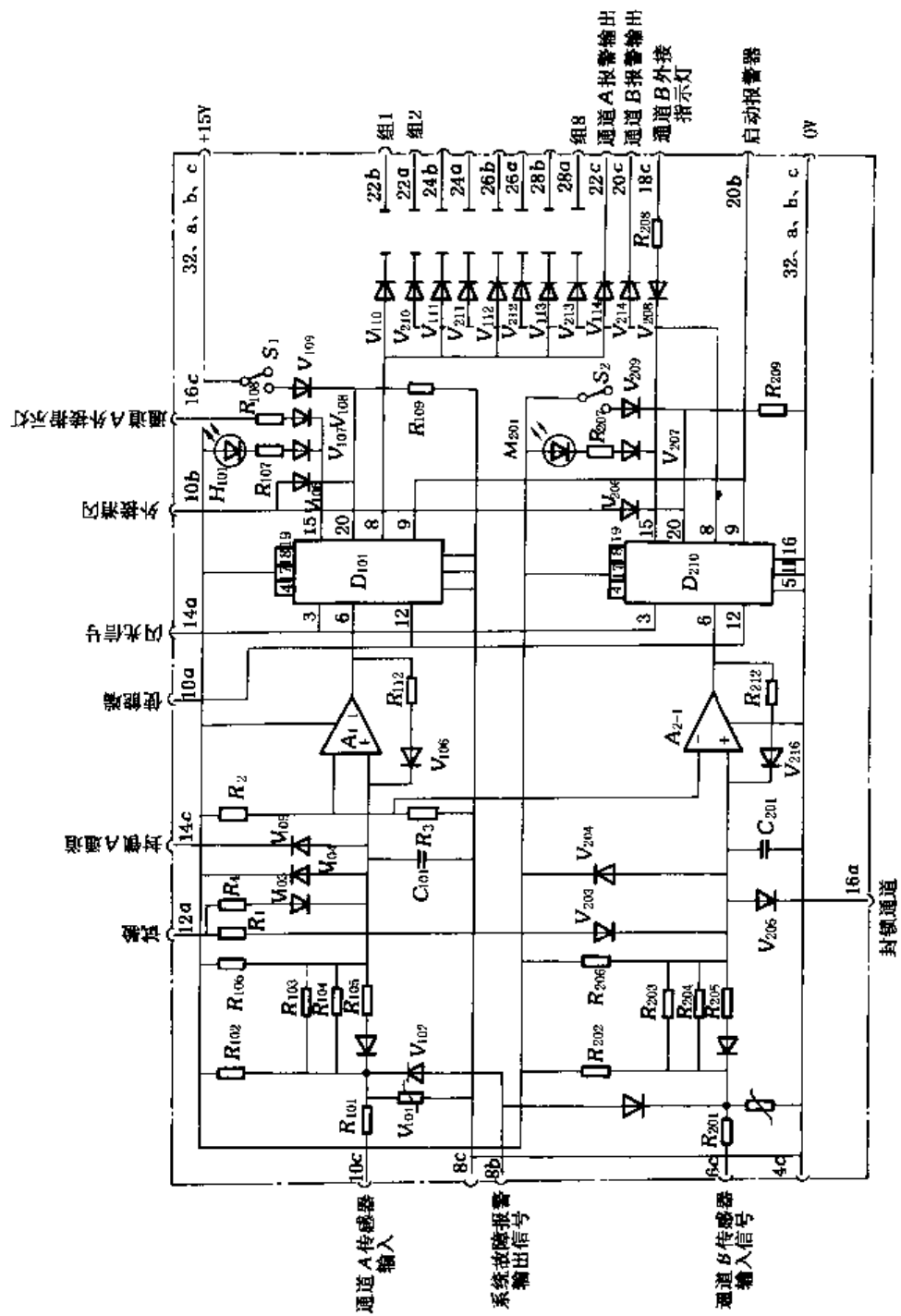


图 8-29 开关报警单元线路原理图

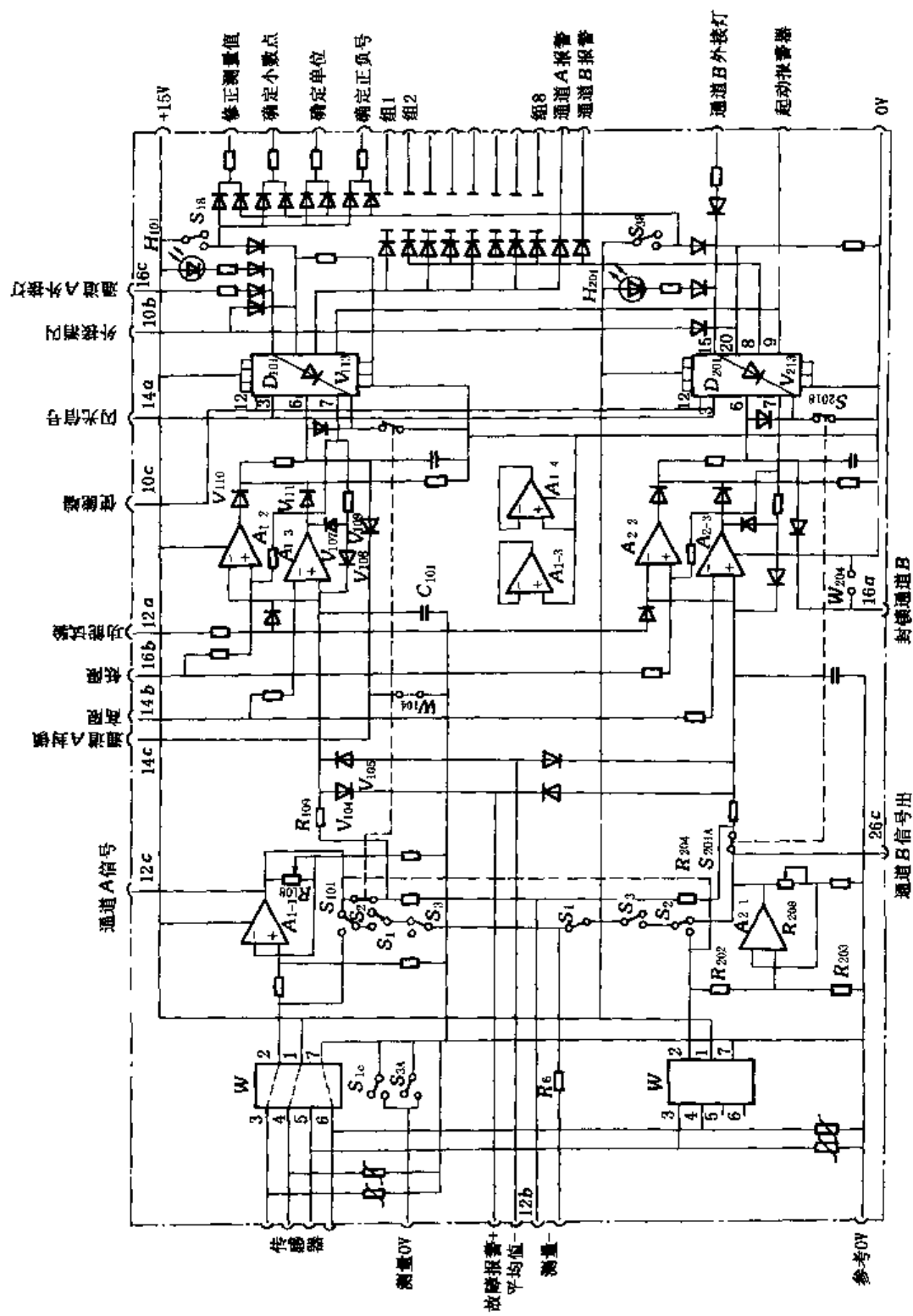


图 8-31 偏差报警通道单元线路原理图

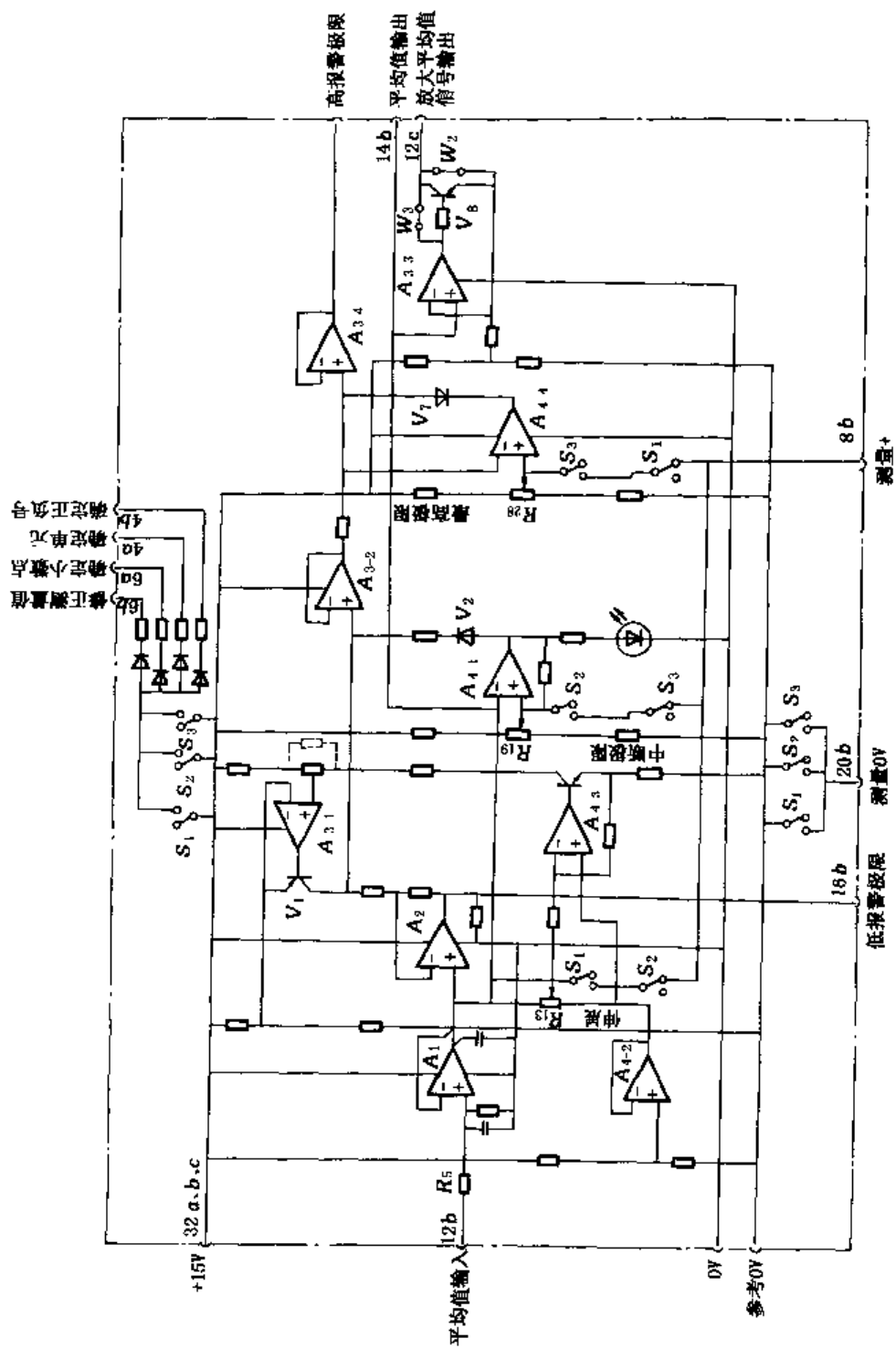


图 8-32 偏差高、低限发生单元电路

低电平，这样偏差报警单元总是给出报警信号。按下 S_1 ，显示实际平均温度；按下 S_2 显示取消偏差报警极限值，按下 S_3 显示最高报警限值。

(5) 分组报警单元 (KMG—200)

KMG—200 线路原理图，如图 8-33 所示。由图可见，一块印刷电路板有 4 组输出；每组由一个继电器和输出指示灯等组成。若无报警情况发生，输出继电器 K 失电，指示灯 H 熄灭，一旦发生报警时，以组 1 为例比较器 A_{1-2} 翻转，输出低电平，使 V_{107} 截止，而报警信号又通过 C_{103} 的微分电路，使复合管 V_{106} 保持导通，延时，当 C_{103} 充到输入信号电平时， V_{106} 截止，这样， V_{109} 导通，发光二极管 H_{101} 亮，输出继电器 K_{101} 有电，对应触点动作，输出报警信号。

(6) 公共控制单元 (KMK—200)

KMK—200 线路原理图，如图 8-34 所示。

①闪光灯：由 A_{1-1} 和 R_1 、 C_1 构成的多谐振荡的脉冲源，再通过 V_2 、 V_3 、 V_4 功率放大后，由端子 14a 输出闪亮脉冲。

②闪光灯故障监视：当多谐振荡器停振后，闪光脉冲源消失， A_{1-4} 翻转，输出高电平，由端子 18a 送出闪光灯故障信号。

③电源故障监视：当工作电源 +15V 正常时，发光二极管 H_1 亮，电压继电器 K_1 有电，接通驾驶室电源，当发生断电，或低压时， K_1 失压释放，常闭触点接通备用交流或直流电源，同时电源故障指示灯 H_3 亮。

④公共报警：某监视单元发来报警信号，通过 A_{1-2} 的跟随器，使 A_{1-3} 翻转，输出低电平，使 V_{25} 截止， K_3 失电，常闭触点接通报警回路，同时，使 V_{29} 导通， H_2 给出光报警。

⑤功能试验： S_2 钥匙开关逆时针转，接通 12a 和 28c 的 +15V 高电平，使各监视单元进行报警功能试验。然后，顺时针方向转，切断 12a 和 28c 高电平，但 C_5 已充电压给 V_{17} 进行正向偏置，使其导通，输出消闪信号，当 C_5 放电结束， V_{17} 也就截止。

(7) 系统故障监视单元 (KME—200)

KME—200 线路原理图，如图 8-35 所示。它用于监视传感器回路的短路，断线故障。

①当被监视传感器回路发生短路故障时，输入端子 18b 就被箝位于低电平，比较器 A_{1-4} 翻转，输出为低电平，使得 V_7 截止， K_1 失电，给出系统故障信号，同时 V_7 截止，使 V_9 导通，发光二极管 H_1 亮，指示系统故障。

②当被监视传感器回路发生断路故障时，输入端子 18a 出现高电位，使 A_{1-1} 翻转，通过 V_3 加到输出电路，使 K_1 失电， H_1 亮，给出系统故障信号。

③按下 S_1 ，接通输入外接试验信号、输出封锁信号和试验信号，释放 S_1 、 C_3 放电，放电期间，使 V_{15} 导通，输出高电平，进行消闪，按下 S_3 ，显示传感器回路实际值。

(8) 数字显示单元 (KMB—200)

数字显示单元 (KMB—200) 是由测量值修正单元板 (KMJ—200) 和数字显示单元板 (KMH—200) 组成，如图 8-36 所示，其工作过程：当按下某一个通道单元的测量按钮，就有 6 个信号（即测量输入信号 (1~5V)，测量零点，确定单位信号 (1.5~4.5V)，确定小数点位和确定正、负符号信号 (1.5~3.5V)，测量信号修正范围 (1.5~11.5V) 送到数字显示单元。其中，测量输入信号送到 A_1 放大器进行放大，经修正值控制，加到模数变换器 A/D，变为数据信号加到读数显示器的数码管上，进行显示；确定小数点信号，经 A_2 比较器比较确定小数点位置，通过开关电路 D_3 ，使该对应位的小数点发光二极管亮，确定符号

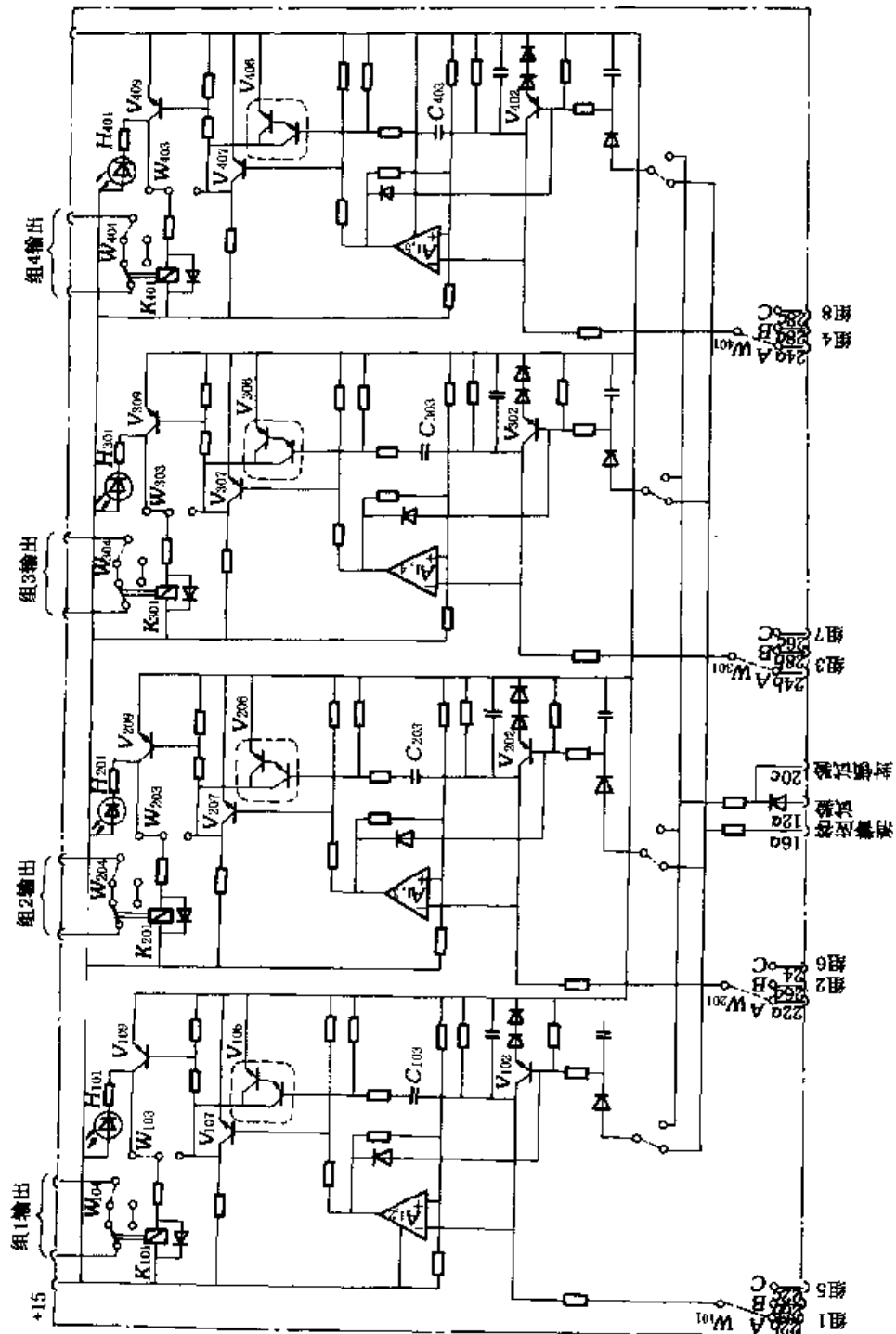


图 8-33 分组报警单元电路

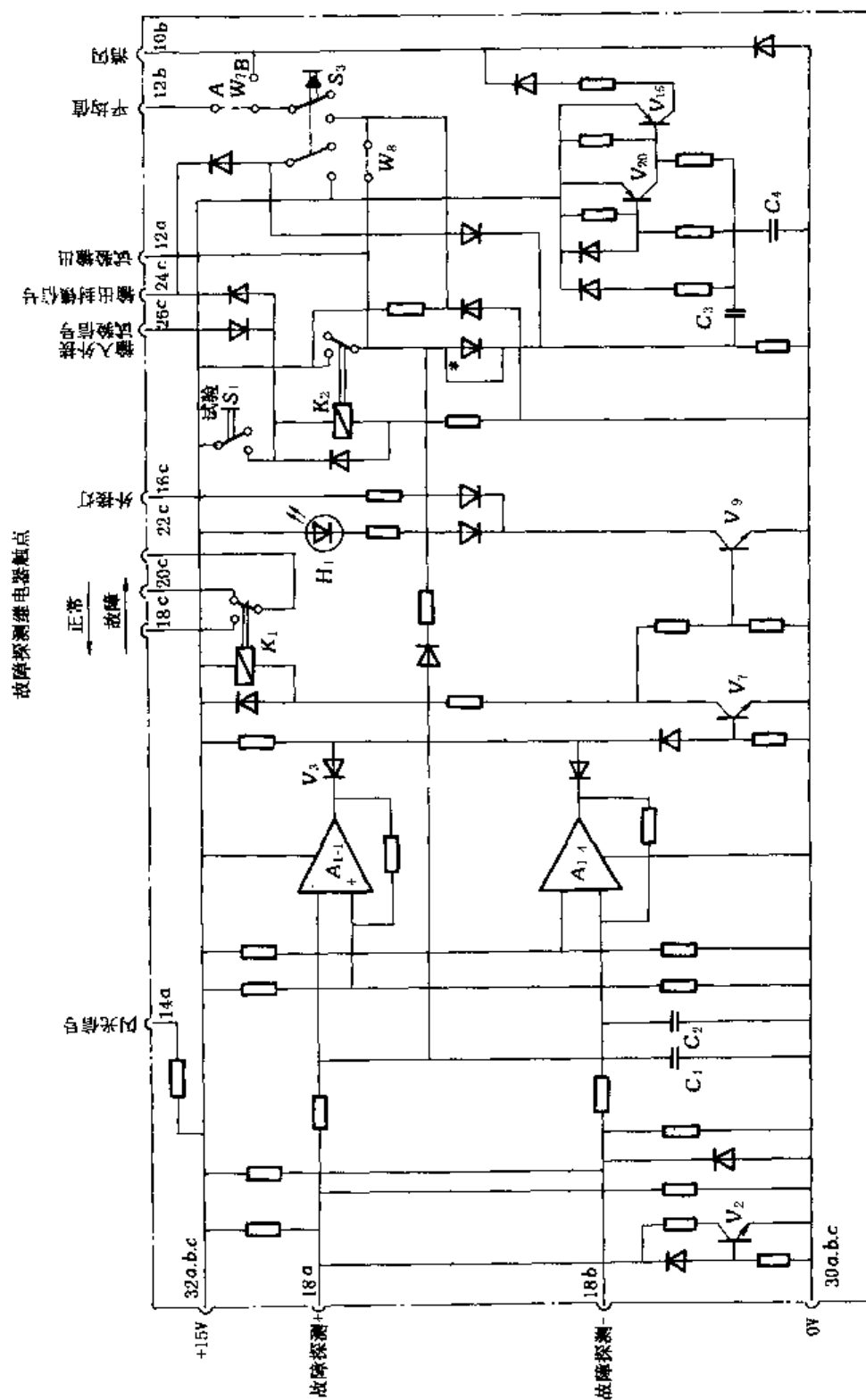


图 8-35 系统故障监视单元线路原理图

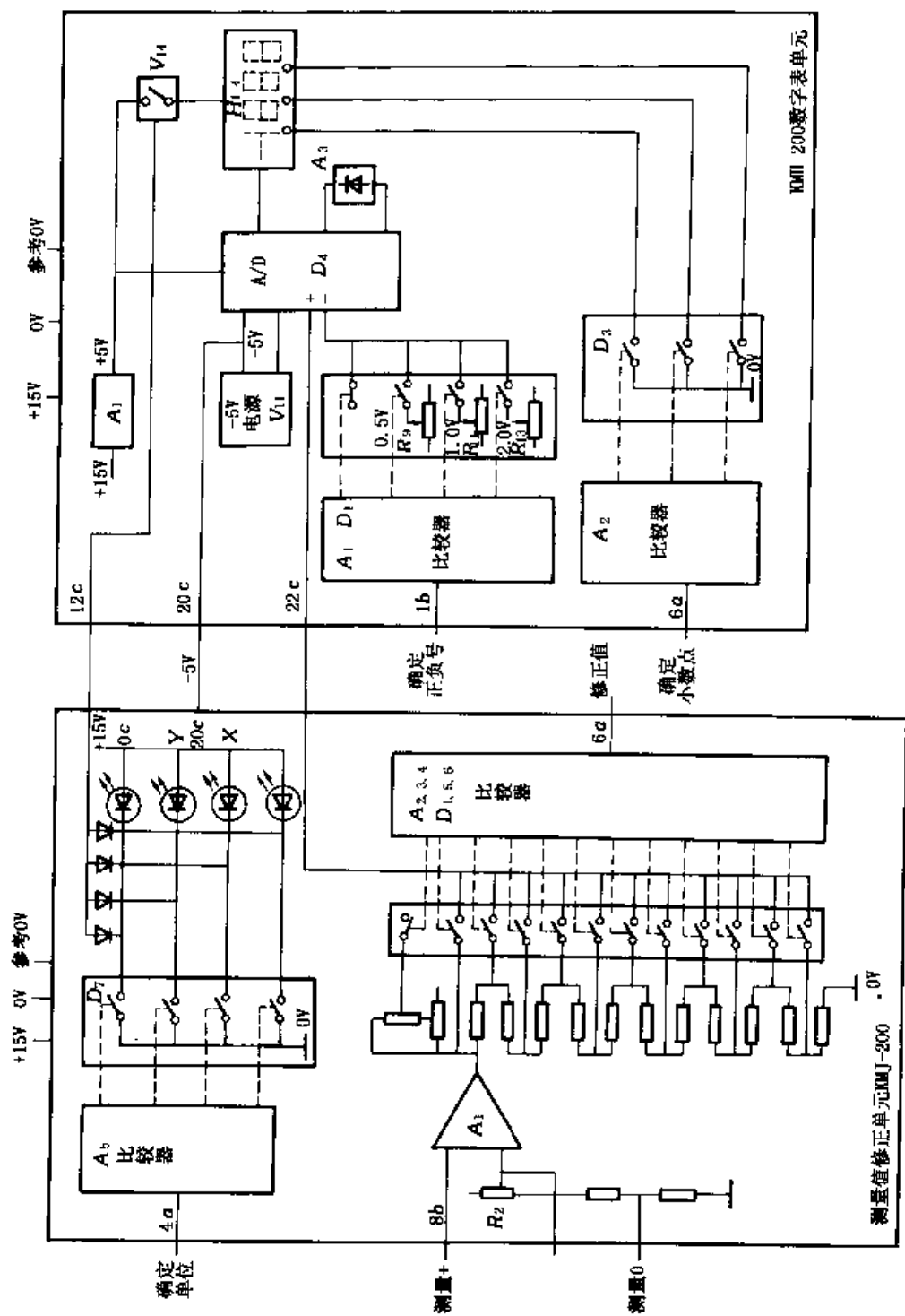


图 8-36 数字显示单元线路原理方框图

和单位信号, 分别由 4b 和 4a 输入, 原理与确定小数点一样。

(9) 模拟指示表头单元 (KMB—210)

KMB—210 线路原理图, 如图 8-37 所示。它实际上是一个电压电流变换器, 当输入端 8b 送来 (1~5V) 电压信号, 通过 A_1 放大来控制 V_3 三极管的导通程度, 将其转换为 0~1mA 的电流信号, 在 mA 表上就可读取被测量的大小。

2. 故障检修方法

(1) 系统电源故障

当公用报警控制单元板上的“接通电源”指示灯 H_1 熄灭, 而黄色“电源故障”指示灯 H_3 亮, 说明系统工作电源 15V 故障, 这时, 首先判别是整个系统电源故障, 还是公用报警控制单元的本身故障, 若公用报警单元本身, 应检查其保险丝, 插件是

否接触良好, 若是整个系统没有反应, 应检查工作电源板 MXS—4 的 24V 输入和 15V 输出, 若没有 24V 电源, 应检查电源引线, 蓄电池电压或整流器输出电压, 若没有 15V 输出, 应更换 MXS—4 稳压电源板。

(2) “试验”操作, 监视箱没有反应

发生这种故障, 主要是没有工作电源, 应检查工作电源 15V 及其电源的引接线, 插板的接触不良, 也会造成这种故障。

(3) 每个监视箱上的“故障报警”灯不亮, 而有“系统故障”报警信号显示, 而即在“试验”操作正常。

发生这种故障, 先判别是系统故障监视单元本身故障, 还是外部故障。先把输入端子 18a 与 18b 短接, 故障指示灯仍存在, 说明是系统故障监视单元本身故障。这时, 应着重检查运算放大管和三极管, 有条件, 更换整个插件板。若故障指示消失, 说明外部有故障, 应查明故障探测是断路故障, 还是短路故障, 然后检查外部被监视传感器。

(4) “试验”时, 所有通道报警指示灯都不亮, 或均不闪光

发生这种故障, 首先进行切换操作, 用公用控制单元上的“试验”按钮进行试验, 若故障仍存在, 应检查连接线, 若故障不存在, 说明试灯按钮损坏, 未能闭合, 更换之。

(5) 没有发生故障报警现象, 但监视箱“故障报警”灯亮, 而“试验”时正常

发生这种故障时, 主要是传感器发生故障, 这时, 首先应检查该箱所有通道单元的测量读数, 直到查出某通道单元的读数超过正常范围为止。这样, 检查该通道传感器的接线, 若接线正常, 应更换传感器, 若故障仍存在, 应更换该通道插件板。如果所有测量读数正常, 应逐一拨出开关量通道板, 若拨出某一个通道板故障消失, 说明刚刚拨出的通道板上的回路有故障, 应检查传感器的接线和压力继电器、温度继电器触点是否松动, 若这些检查正常, 应更换该通道板。若所有传感器及其回路没有发生问题, 说明系统故障监视单元本身故障,

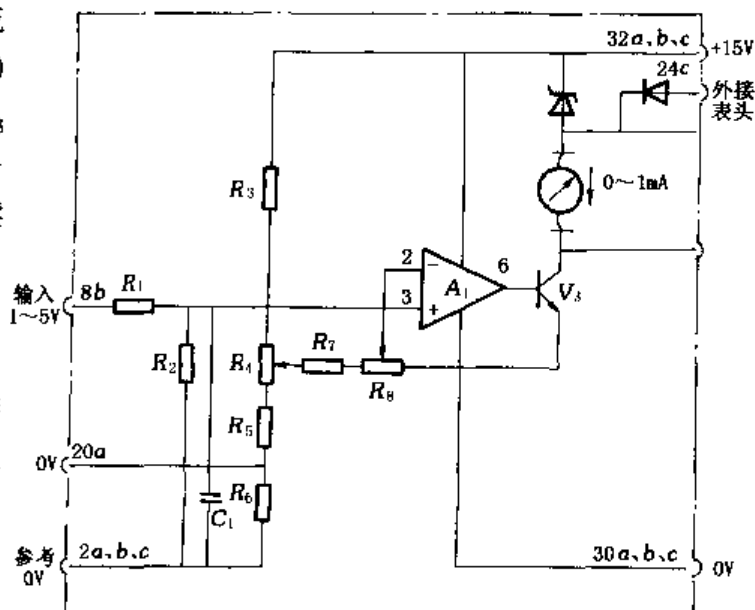


图 8-37 模拟显示表头单元线路原理图

应更换该板。

(6) 断开或短接某一模拟量传感器，系统故障监视单元的故障报警的灯未点亮发生这种故障，说明系统监视单元本身故障，应更换该板。

(7) 与 GA 型热电偶放大器相连的通道单元，显示值等于环境温度发生这种故障说明热电偶与放大器之间的补偿电缆线短路，应排除短路故障。

(8) 与 GA 型热电偶放大器相连的通道单元，显示的温度值高于放大器输出正常范围，且“系统故障”报警灯亮

这是属于系统故障监视单元给出报警，说明热电偶与放大器之间的补偿电缆线断路，应检查线路，排除断路故障。

(9) 有报警声响，没有灯光指示

这时应试灯，更换损坏灯，故障就排除。

(10) 当开关量通道单元输入触点断开时，无报警信号发生说明通道板本身有故障，应更换该通道板。

(11) 某监视箱所有的模拟量均无显示数值

这是数字显示单元没有稳压 15V 的工作电源或显示板损坏，应首先检查 15V 的工作电源，若正常，应更换显示板。

(12) 某通道有报警信号，但无分组报警信号

这时应检查通道单元与分组报警之间的连接线，若连线无误，应更换通道板或更换分组报警单元

(13) 通道有报警，无声响

这时，应检查通道板与公用报警控制单元之间的连线，若正常，应更换公用报警控制单元之板。

总之，故障现象是多种多样，只能根据故障现象和线路工作原理来分析故障原因和故障点。

这种监视系统一个被监视点就有一个通道，能连续检测，但是当被监视点越多，设备的通道板就越多，体积就大。线路多，故障比较多，而且排除比较困难。为此，现代船舶都采用微机巡回监视系统。

例二 SIMOS 31S 微机集中监测系统

(一) 概述

SINOS 31S 集中监测系统是装在集控室的一个铁柜中，柜内装有微机板、开关量、模拟量的输入输出接口插件板，工作电源板等。该系统核心是一个主计算机系统和一个子计算机系统。

子计算机系统：由 8085CPU、存储器、电源监视、模拟量、开关量、输入接口以及传感器组成，它完成被测点的温度、压力、液位、开关量的开或闭等的巡回采集，并对它们进行数据初步处理。

主计算系统：由 8085CPU、存储器、电源电压监视、开关量、输出接口、接收来自子系统检测的数据和发送数据等功能的电路板组成。它通过 8251 通信接口芯片相连，读取子系统检测得到的各种参数值。主系统可以把显示的报警点号，报警点的名称，参数的数值、上、下限值等送到显示器进行显示，也可把数值送到打印机打印出报警点序号、报警时间，也能自动定时打印机舱各主要运行参数，作为轮机日志。主系统还和键盘、故障指示灯、报警指示灯板等相连。

为了便于检修,下面简介主要印刷电路板

1. CPU 板——即 210D 微计算机板

图 8-38 是 CPU 板的结构原理框图,它采用 SAB 8085A 芯片为 CPU,并装有 4K 字节 RAM、16K 字节 EPROM 以及四块可编程芯片:①并行输入输出外围接口芯片 8255;②异步通信接口芯片 8251;③定时器和计数器芯片 8253,它可以用来作为时钟;④中断控制器芯片 8259。

2. 存储板(型号为 6AT5110-OAD70)

板上有 8K 字节 RAM 和 64K 字节的 EPROM 插座。根据程序长短和数据库(被监测点)的多少来决定 EROM 的多少,每增加一片 EPROM 可增加 4K 字节。读写存储器 RAM 装有备用电池,一旦船舶电网失电,自动由电池供电, RAM 内信息在几个星期内不会丢失。

3. 通信接口板(型号:USART4×20mA G 33028-M1425)

板上有四块通信接口芯片 8251。通信线上的电流为 20mA。它用于主、子系统之间的传送数据,也可用于主系统和打印机、显示器、键盘之间的传送数据。它是按串行传输的。

4. 开关量输入板(型号:BE/32E 24V G33928-M1424)

图 8-39 是开关量输入接口板原理图,图中只画出一位开关量的输入部分。其工作原理:当被监视的物理量(水位、油位、蒸汽压力的高、低、断电等)发生变化到这些继电器的动作值

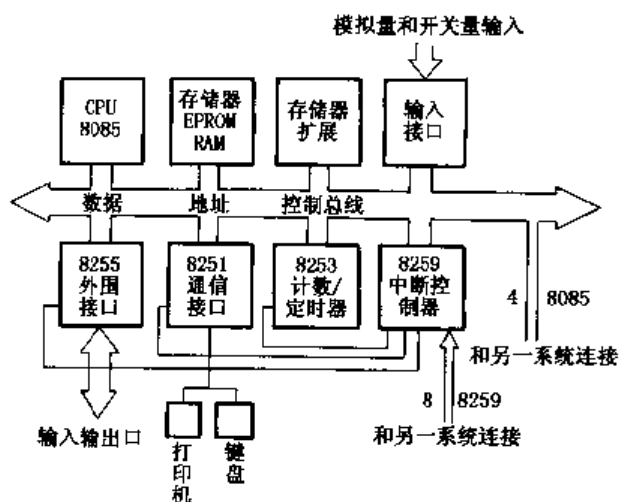


图 8-38 SIMOS 31S 的 CPU 板结构原理框图

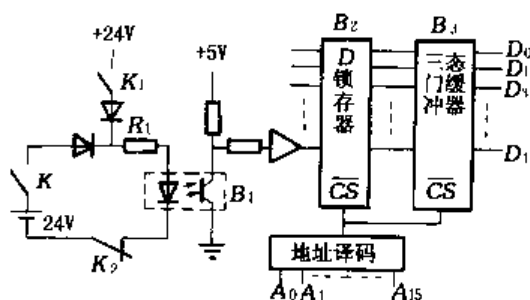


图 8-39 开关量输入接口原理图

时,它们的触点 K 就闭合,24V 加到光电隔离管的输入端,使得光电隔离管 B_1 导通,放大器输出端低电平,使对应位的 D 锁存器为 0,当触点断开时,光电隔离管没有输入电压, B_1 截止,放大器输入端为高电位,使对应位 D 锁存器为“1”,这样,外部开关的闭合,断开就变成 D 锁存器“0”、“1”信号。计算机是 8 位机,以 8 路为一组,给一个地址,CPU 发出一个地址后,经地址译码,使 8 位 D 锁存器 B_2 和三态门 B_3 的片选信号 $\overline{CS}=0$,而选中,数据总线上就出现这 8 路开关状态的信息,CPU 读入这一组的 8 个开关量后对每一位进行检查和处理。每块开关量输入接口板有 32 路,分 4 组,这样板上有 4 个红色故障指示灯与其对应。当 CPU 发出自检信号时,使 K_1 闭合,24V 加到光电隔离管上,CPU 读入是“0”信号,进行闭合状态检查,当自检进行断开状态检查,使 K_2 断开,光电隔离管截止,CPU 读入的是“1”信号,这说明开关量输入被检的组工作正常,否则,读入不是上述信息,说明该组工作不正常,使板上的对应故障指示灯亮,同时,在显示上给出“系统故障”报警信号。

5. 开关量输出板 (型号: BA/16A, 24V, 50mA, G33928—M1427)

它也是以 8 路为一组, 每板输出 32 路, 分成 4 组, 每组分配一个地址。每路驱动能力为: 24V, 50mA, 可直接接微继电器或指示灯。它的作用是, 计算机通过它发出的双位控制信号 (0 或 1) 去控制一个指示灯的亮或灭, 控制一个继电器有电或无电, 控制一个电磁阀开启或关闭等。图 8-40 是该板的原理图。其工作过程: 当 CPU 要送出某一位开关量信号时, 先发出地址, 通过地址译码器, 选中对应该位开关量输出组的 8 位 D 锁存器 (即 $\overline{CS} = 0$), 然后 CPU 从数据总线 $D_0 \sim D_7$ 发出对应位开关量信号。以第七路为 0, 要使继电器 J 有电, 就得送来 $D_7 = 0$, 通过 D_7 锁存器 $Q_7 = 0$, 光电隔离管 B_3 导通。 A_7 的反相输入端为低电平, 使比较器 A_7 输出为高电平 (约 24V), 使继电器 J 有电。动作, 只有当 CPU 再选中它, 要求它状态发生改变时, 才能改变。否则在锁存器作用下, 它是一直得电。

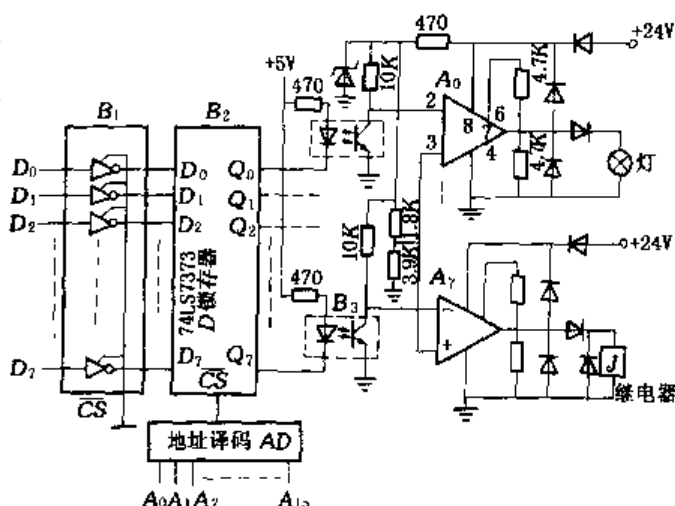


图 8-40 开关量输出原理图

6. 热电偶传感器的模拟量输入板 (型号: AE—Nict—Ni, G33928—M1422)

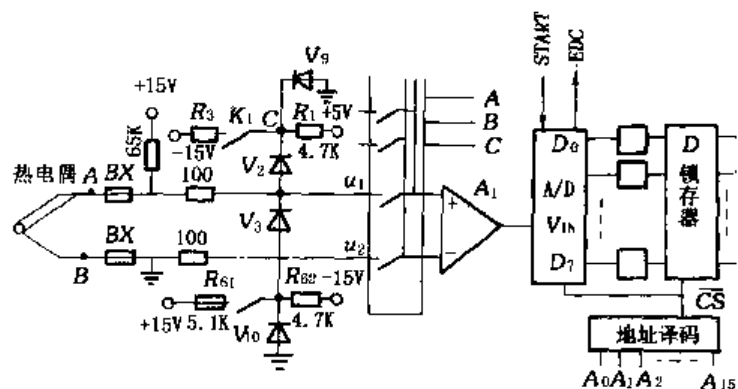


图 8-41 热电偶输入接口原理图

图 8-41 是热电偶传感器模拟量输入接口板原理图, 其工作原理: 热电偶产生的与被测温度大小成正比的热电势毫伏信号, 经过微型保险丝, 100Ω 适配电阻加到多路切换开关 U_1 和 U_2 二线输入端, 当多路选用信号 ABC 三位二进制编码中, 选中了 8 路中的某一路, 多路切换开关接通, 把热电偶信号送到 A 放大器 (放大倍数约为 40 倍左右) 经

放大后, 加到模数变换器, 变换为数据信号, 再经光电隔离, 送到数据锁存器。

自检功能: 当 CPU 发出自检该板时, K_1 闭合, C 点的电位接近 -11.5V 左右, 若热电偶没有发生断路故障, U_1 和 U_2 输入是电压信号为 0, 通过模数变换 CPU 读取的全 0 信号, 若热电偶回路发生断路故障时, U_1 和 U_2 就输入一个 -10V 左右的信号, 通过模数变换后, CPU 读取的全 1 信号, 说明热电偶回路有断路故障, 对应这组的指示灯亮。

这块板的输入方式有三种不同形式, 它们的输入电路是不同的。

①采用镍铬—镍热电偶传感器, 每块板有 16 路, 温度的测量范围为 0~600℃; ②以传感器输出为 0~10V 作为输入, 每块板可接 16 个; ③以传感器输出为 0~20mA 或 4~20mA 的作为输入, 每块板可接 16 个, 所以, 更换印刷电路板时, 应注意对应型号和所配用的传感器。更换传感器时, 传感器必须要有公共地线, 才能与该板连接配用, 这是因为该板是采用二线制输入方式。

7. 热电阻传感器的模拟量输入板 (型号: AE—PT100/16E 和 G33928—M1420)

采用热电阻传感器，测量温度比较低，如采用 PT—100 热电阻传感器时，其电阻与温度关系： 0°C 时， $R_0 = 100\Omega$ （故定义为 PT—100）， 100°C 时， $R_{100} = 139\Omega$ ； 150°C 时， $R_{150} = 157.83\Omega$ ，其测量范围为 $0 \sim 150^{\circ}\text{C}$ ，它的输入接口板原理图，如图 8-42。其工作原理：测温热电阻作为惠斯顿电桥一个桥臂，热电阻的阻值随着被测量温度变化而变化，惠斯顿电桥的输出 U_1 、 U_2 端的信号，也随着变化，并与被测温度对应，这个信号通过多路选用开关电路 B_1 ，送到信号放大器 A_{1-1} ，放大到模数变换器所要求的电压（一般是 $0 \sim 5\text{V}$ ），模数变换器 B_2 把这个模拟量变换数字量，通过光电隔离、送到数据锁存器中，以便 CPU 来读取。

该板具有自检功能：当 CPU 进入自检程序时，自检到该板时，发出指令，使继电器 K_1 断开，断开了一个桥臂， V_0 在 R_4 的分压，加入 U_1 和 U_2 端，并且 $U_1 < U_2$ ，通过放大器，是一个负电压信号加到模数转换器，转换对应全 0 数据信号。若 CPU 读取的是全 0 信息，说明该通道正常。若这时 CPU 读取的不是全 0 数据信号，说明该通道有故障。当 CPU 发出指令，使继电器 K_2 断

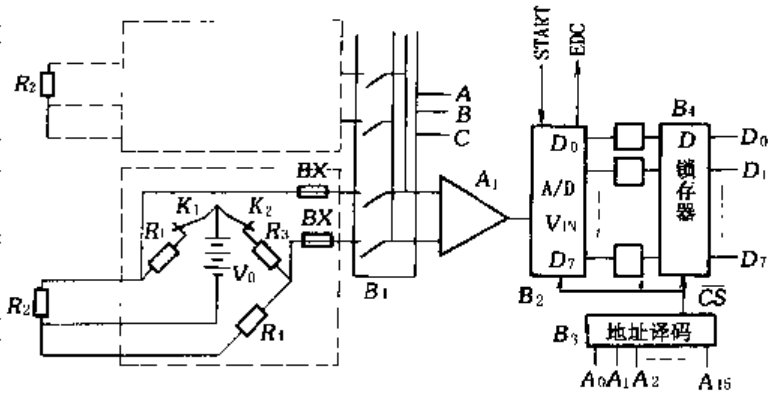


图 8-42 热电阻传感器模拟量输入接口板原理图

开，也是断开一个桥臂， V_0 在热电阻的分压输入 U_1 和 U_2 端，且 $U_1 > U_2$ ，通过放大器，加到模数转换器，转换对应全 1 数据信号。若这时，热电阻回路短路， U_1 、 U_2 的端就是 0 电压信号，转换为全 0，与正常时不一样，所以，当 CPU 读取的不是全 1 数据信号时，说明该通道有故障，一旦 CPU 检测到某一个通道不正常时，CPU 就发出一个指令，使该接口板上的发光二极管，以便检修，同时，给出通道故障信号。

8. 模拟量输出接口板（型号：6AF5 500—OAF70）

模拟量输出接口板就要把计算机送来的数据量换到模拟量与外围设备相连接，该板是把数据量转换为 $0 \sim 20\text{mA}$ 的模拟电流信号输出，其原理图，如图 8-43 所示。其工作原理：

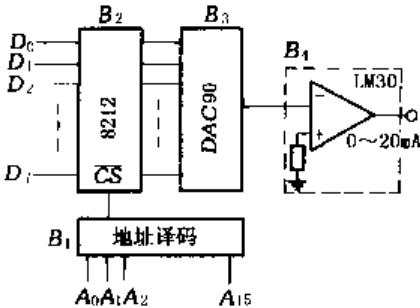


图 8-43 模拟量输出接口板原理图

计算机欲要送数据量到某一个模拟量输出接口时，首先，送该模拟量输出接口板地址 $AD_0 \sim AD_{15}$ ，通过地址译码器，使数据锁存器 B_2 的使能端 $\overline{CS} = 0$ 接收数据总线上欲送数据信号；然后，把数据信号送到数据总线上 $D_0 \sim D_7$ ， B_2 将其锁存起来，数模转换器 B_3 （DAC90）把数据锁存器的数据量，转换成模拟的电压信号，来控制电压电流变换器 B_4 （LM30），输出对应的电流信号（ $0 \sim 20\text{mA}$ ）。

9. 电源电压监视板（型号：UBG85，G33928—M1429）

在 SIMOS 31S 监视系统中，为了系统具有较强抗干扰能力，把系统分为二大部分，把与外部传感器相连接的部分，例如：各输入输出接口板，称为外部分，把与 CPU 直接连接的部分称为内部分，它们之间是通过光电隔离开来的传递信息。内部地址总线和外部地址总线并设有各自有独立的工作电源，为了系统工作可靠，设置电源电压监视板：它监视内、外部电源电压，外部电源电压。并能定期测量存储板上 RAM 的备用电池在有负载情况下的电

压。执行程序的监视电路也装在该板上。

除了以上介绍各插件板外，还是各种通信接口板，比如键盘、显示器、打印机、上、下位机等串行接口电路板，这里就不介绍，请读者参阅有关“微机原理及应用”书籍。

(二) 故障检修方法

一旦系统出现故障时，在指示板上就有系统故障指示灯亮，而且在控制箱柜顶上有六个指示灯中间的“LAMP1”亮，驾驶室，轮机员房间的“Alarm System Failure”指示灯亮，在集控室的 CTR 上显示“SIMOS Failure”，这时，应充分利用系统所提供故障信息来检查故障点。

首先切断系统电源，过几分钟再复电，重新启动看系统故障是否消失，若能消失，说明是外界干扰引起的，若不能消失。按下故障显示功能键，看显示器是否能显示故障点，若无反应，就得按图 8-44 故障检查流程图检查。

若有反应，但不能自检出故障点，说明子系统部分出故障，这时，应按图 8-45 故障检查流程图来检查。

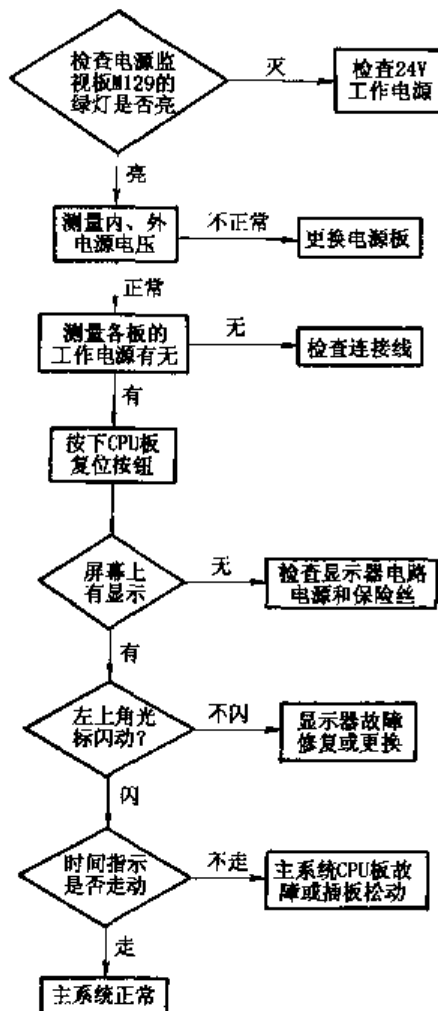


图 8-44 主系统故障检查流程图

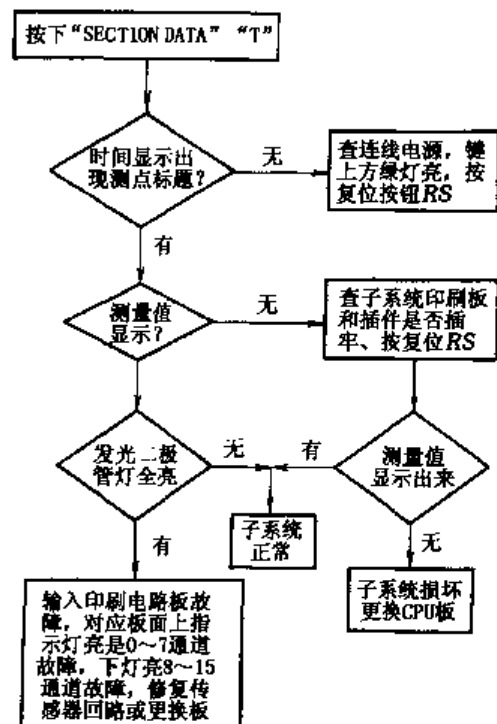


图 8-45 子系统故障检查程序图

若有反应，能显示出故障点代码，查找说明书故障代码表，查出故障点。

此外，该系统在控制柜顶上有六个故障指示灯指示系统故障的部位：

当第一个指示灯亮时，说明系统故障整个报警系统停止工作；

当第二个指示灯亮时，说明微机散热风机、子系统印刷电路板输入接口板、读/写存储

器的备用电池等部分有故障,这时查看屏幕显示故障点代码;

当第三个指示灯亮时,说明 CPU 板或存储器板故障,这时按下“EVENT LOG”时,屏幕上就会显示出故障的印刷电路板的代码;

当第四个指示灯亮时,说明子系统的 CPU 或外部电源有故障,这时,查看屏幕显示出的故障点代码;

当第五个指示灯亮时,说明报警打印机有故障;

当第六个指示灯亮时,说明传感器存在对地短路故障,这时,可利用专门的传感器对地短路故障的检查开关 S_1 来进行检查。

综上所述,六只灯表示的故障部分和排除方法归纳为表 8-11

SIMOS 31S 控制柜上方的六只灯表示的故障部位及排除方法一览表

表 8-11

指示灯号	故障内容	屏幕显示值	处 理 方 法	
1	整个监视系统有故障		如果仅有灯“1”亮,则检查 24V 电源开关 F1 和保险丝 (F1 位于控制柜右边接线柜中) 如果灯“1”亮,并且有其它灯亮,则按下列各灯的故障部分检查	
2	电机 (子系统印刷电路板) 子系统过热 输入印刷板故障 读/写存储器的备用电池	×9988 ×9982 ×9993 ×9986	更换风机 加强通风 更换控制柜内红灯亮的印刷电路板 更换或重新对备用电池充电	
3	CPU 板或存储器故障	×0997/ ERROR82 ×9995/ ERROR24	需按下功能键“EVENT LOG”显示代码 显示出: * * * ERROR 82: * * * adr. X X 显示出: * * * ERROR 24: * * * adr. X X	X X = E0、E4、E8、EC 则需更换 CPU 板;除上述以外,则更换存储板
4	子系统故障	OX0991	检查子系统 CPU 板,检查主系统中通信接口板与子系统 CPU 板板之间的连接或更换上述二板	
	外部电源 (子系统中) 故障	X9984	检查外部电源印刷板的电压是否正常,若不正常更换该板	
5	报警打印机故障	X0999	检查打印机电源 (24VDC) 和打印机背后的保险丝 (3、15A),如果指示灯亮,再检查打印机右侧面的微型保险丝 (1/16A),检查通讯接口板	
6	传感器接地故障		用接地故障监视器检查那一类传感器接地 (检查开关 S_1 位于控制柜的接线柜内) 开关 S_1 位于 $\nearrow$ 时,灯“6”亮,说明模拟输入板的传感器接地, S_1 位于 $\uparrow$ 时,灯“6”亮,说明开关量输入板的外接传感器接地。然后分别查出接地传感器或接地点	

检修微机监视系统与检修微机控制系统一样,在检修过程中,应注意几个问题。

首先,要判别是干扰性故障,还是永久性故障,所以,进行热机复位 (起动) 或关掉电源,重新复位 (冷机起动),若是干扰性故障,就能消失,若是永久性故障,就不能消失。

其次,应充分利用系统本身的自检功能,直接由显示器显示出或指示灯指示出故障点,排除故障。

第三,查到故障板后,应切断整机电源,再拨下电路板,否则会损坏非故障的元件。同时,在检修故障板时,手不能触摸芯片脚。焊接时,应把电烙铁脱离电源,用烙铁余热焊接。

第四,整板更换时,应注意同型号同规格,特别是适配电阻的大小。对于更换输入输出接口板时,应检查原板有无跨接线,若有,应按原板上位置焊好跨接线。同时,地址译码器上的微型开关 (或插件短路排) 应和原来的位置一样,否则会出现地址错误故障。

国内外常用电气图形符号对照

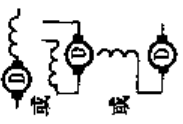
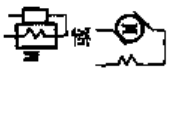
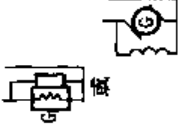
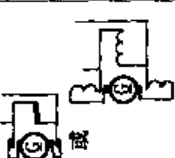
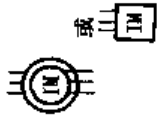
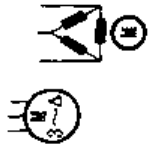
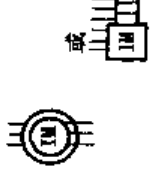
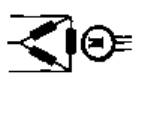
附表 1

名 称	中 国	国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISO301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
	新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64				
英文	中文	中文	中文	中文	中文	中文
Direct Current D C	直流	直流	—	—	—	—
Alternate Current A C	交流	交流	~	~	~	~
Direct and Alternate Current	交直流	交直流	—	—	—	—
Neutral Wire	中线 (中性线)	N	N	N	N	N
Positive Pole P	正极	+	+	+	+	+
Negative Pole N	负极	-	-	-	-	-
Earthing	接地	⏏	⏏	⏏	⏏	⏏
Frame or chassis	接机壳	⏏或⏏	⏏	⏏	⏏	⏏
Transformer	变换器	□	□	□	□	□
Conductor. Cable. Bus	导线, 电缆, 和一般符号	—	—	—	—	—
Junction of Conductor	导线的多线连	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Unjunction of Conductor	导线的不连接	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Post	端子	○ ∅	○ ●	○	○	○
Plug and socket device	插头和插座	⏏	⏏	⏏	⏏	⏏

续上表

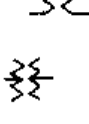
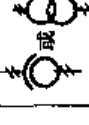
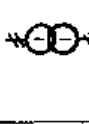
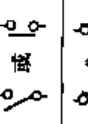
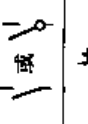
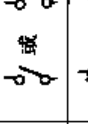
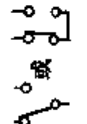
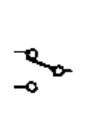
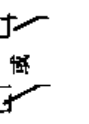
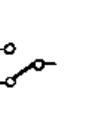
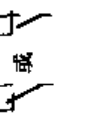
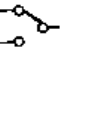
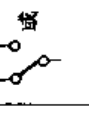
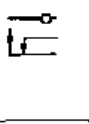
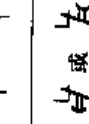
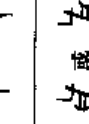
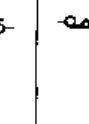
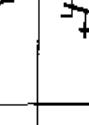
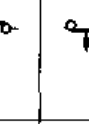
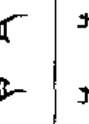
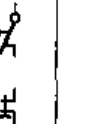
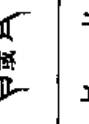
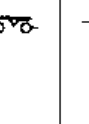
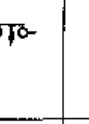
名	称		中 国		国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISC0301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
	英文	中文	新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64					
Connector		连接片							
Resistor		电阻器一般符号							
Resistor enabled		可变电阻器 可调电阻器							
Resistor with tapings		两个固定抽头的电阻器							
Capacitor		电容器							
Polarized electrolytic capacitor		极性电容器							
Inductor		电感器							
Inductor with tapings		有两个抽头的电感器							
Semiconductor diode		半导体二极管 一般符号							
Thyristor		三极晶体闸流管							
NPN Transistor		NPN 型半导体管							
PNP Transistor		PNP 型半导体管							

续上表

名	称	中 国		国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISC0301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
		新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64					
英文	中文							
D. C Series wound motor	串励直流电动机							
D. C Parallel wound motor	并励直流发电机							
Three phase synchronous generator with permanent magnet excitation	三相永磁同步发电机							
Three phase Induction motor with squirrel cage rotor	三相笼型异步电动机							
Three phase Induction motor with slipping rotor	三相绕线转子异步电动机							

名 称		中 国		续上表				
英 文	中 文	新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64	国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISC0301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
Transformer with two separate windings	双绕组变压器							
Transformer with Three separate windings	三绕组变压器							
Auto-transformer	自耦变压器							
Reactor	电抗器							
Current Transformer	电流互感器							

续上表

名 称	中 国		国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISC0301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
	新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64					
英文	中文						
Voltage Transformer	电压互感器						
Make contact	动合 (常开) 触点						
Break Contact	动断 (常闭) 触点						
Change-over Contact break before make	先断后合的 转换触点						
Change over contact make before break	先合后断的 转换触点						
Time-delayed contact make delayed make	延时闭合的动合 (常开) 触点						
breakdelayed break	延时断开的动断 (常闭) 触点						
make delayed break	延时断开的动合 (常开) 触点						
break delayed make	延时闭合的动断 (常闭) 触点						

名	称	中 国		国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISO301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
		新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64					
英文	中文							
	动合 (常开) 按钮							
	With 1 No contact							
	液位开关							
Operating element	继电器线圈 一般符号							
	缓放继电器线圈							
	缓吸继电器线圈							
Thermal overload Tripping device	热继电器的 驱动器件							
Overcurrent tripping device	过流继电器							
Undervoltage tripping device	欠压继电器							
Fuse	熔断器							

续上表

名称		中国		国际电工委员会 IEC617-83	日本 JISC0301-82	德国 DIN	英国 BS3939-85	美国 ANSI/ IEEE315-75
英文	中文	新符号 GB4728-85	旧符号 GB312-64					
Spark gap	火花间隙							
Ammeter	电流表							
Voltmeter	电压表							
A. C, Watt hour meter	电度表							
Amplifier	放大器							
Single-Phase Bridge-connected rectifier	桥式全波 整流器							
Horn	电喇叭							
Bell	电铃							
Buzzer	蜂鸣器							
Indicating light	信号灯							
Lamp	白炽灯							

电气设备常用基本文字符号

附表 2

序号	名 称	新符号		旧符号	序号	名 称	新符号		符 号
		单字母	多字母				单字母	多字母	
	电机类								
1	发电机	G		F	44	调压器	T	TV (R)	
2	直流发电机	G	GD (C)	ZLF, ZF	45	互感器	T		H
3	交流发电机	G	GA (C)	JLF, JF	46	电压互感器	T	TV* (或 PT)	YH
4	异步发电机	G	GA*	YF	47	电流互感器	T	TA* (或 CT)	LH
5	同步发电机	G	GS**	TF					
6	测速发电机		TG**	CSF, CF	48	电抗器	L		K
7	发电机-电动机组		G-M	F-D	49	饱和电抗器	L	LT	BHK
8	励磁机	G	GE	L	50	限流电抗器	L	LC (L)	XLK
9	电动机	M		D	51	平衡电抗器	L	LB	PHK
10	直流电动机	M	MD (C)	ZLD, ZD	52	起动电抗器	L	LS	QK
11	交流电动机	M	MA (C)	JLD, JD	53	滤波电抗器	L	LF	LBK
12	异步电动机	M	MA	YD	开关、控制器类				
13	同步电动机	M	MS**	TD	54	开关	Q, S		K
14	调速电动机	M	MA (S)	TSD	55	组合开关	S	SCB	
15	伺服电动机		SM**	SD	56	转换开关	S	SC (O)	HK
16	鼠笼型电动机	M	MC	LD	57	负荷开关	Q	QS (F)	
17	绕线转子电动机	M	MW (R)		58	断路器	Q	QF*	ZK, DL, GD
18	电机扩大机	A	AR	JDF	59	隔离开关	Q	QS*	GK
19	自整角机	B	BS (Y)		60	控制开关	S	SA*	KK
20	绕组 (线圈)	W		Q	61	限位开关, 终端	S	SQ*	ZDK, ZK,
21	电枢绕组	W	WA	SQ	开关				XWK, XK
22	定子绕组	W	WS	DQ	62	微动开关	S	SM (G)	WK
23	转子绕组	W	WR	ZQ	63	接近开关	S	SP	JK
24	励磁绕组	W	WE	LQ	64	行程开关	S	ST	XK, CK
25	并励绕组	W	WS (H)	BQ	65	灭磁开关	Q	QF (D)	MK
26	串励绕组	W	WS (E)	CQ	66	按钮	S	SB*	AN
27	他励绕组	W	WS (P)	TQ	67	起动按钮	S	SB (T)	QA
28	稳定绕组	W	WS (T)	WQ	78	停止按钮	S	SB (P)	TA
29	换向绕组	W	WC (M)	HXQ	69	控制按钮	S	SB (C)	KA
30	补偿绕组	W	WC (P)	BCQ	70	操作按钮	S	SB (O)	CA
31	控制绕组	W	WC	KQ	71	复位按钮	S	SB (R)	FA
32	起动绕组	W	WS (T)	QQ	72	合闸按钮	S	SB (L)	HA
33	反馈绕组	W	WF	FQ	73	跳闸按钮	S	SB (I)	TA
34	给定绕组	W	WG	GDQ	74	试验按钮	S	SB (E)	YA
	变压器、互感器和电				75	检查按钮	S	SB (D)	JCA, JA
	抗器类				76	控制器	Q		
35	变压器	T		B	77	凸轮控制器	Q	QCC	TK
36	电力变压器	T	TM*		78	平面控制器	Q	QFA	
37	自耦变压器	T	TA (U)	ZOB, OB	79	鼓形控制器	Q	QD	GK
38	隔离变压器	T	TI (N)	GB	80	主令控制器	Q	QM	LK
39	照明变压器	T	TL	ZB	81	程序控制器	Q	QP	CK
40	整流变压器	T	TR	ZLB, ZB	接触器、继电器				
41	起动变压器	T	TS (T)	QB	和保护器件类				
42	控制变压器	T	TC*	BK	82	接触器	K	KM*	C
43	脉冲变压器	T	TI, TP	MCB, MB	83	交流接触器	K	KM (A)	JLC, JC

续上表

序号	名 称	新符号		旧符号	序号	名 称	新符号		符 号
		单字母	多字母				单字母	多字母	
84	直流接触器	K	KM (D)	ZLC, ZC	128	熔断器	F	FU *	RD
85	正转 (向) 接触器	K	KMF	ZC		电子元器件类			
86	反转 (向) 接触器	K	KMR	FC	129	二极管	V	VD	D, Z, ZP
87	起动接触器	K	KM (S)	QC	130	三极管, 晶体管	V	VT	BG, Tr
88	制动接触器	K	KM (B)	ZDC, FC	131	晶闸管	V	VT (H)	SCR, KP, Th
89	励磁接触器	K	KM (E)	LC					
90	辅助接触器	K	KM (U)	FZC, FC	132	稳压管	V	VS	WY, WG, DW
91	线路接触器	K	KM (L)	XLC, XC					
92	加速接触器	K	KM (A)	JSC, JC	133	单结晶体管	V	VU	UJT, DJG, BT
93	合闸接触器	K	KM (C)	HC					
94	联锁接触器	K	KM (I)	LSC, LC	134	场效应晶体管	V	VF (E)	FET
95	起动机	K		Q	144	发光二极管	V	VL (E)	
96	电磁起动机	K	KEM	CQ	145	整流器	U	UR	ZL
97	星-三角起动机	K	KS (D)	XJQ, XQ		控制电路用电源	V	VC *	
98	自耦减压起动机	K	KA (T)	OBQ, BQ		整流器			
99	继电器	K		J	146	逆变器	U	UI	
100	电压继电器	K	KV	YJ	147	电阻器	R		R
101	过电压继电器	K	KOV	GYJ, GJ	148	变阻器	R	RH	
102	欠电压继电器	K	KUV	QYJ, QJ	149	电位器	R	RP *	W
103	零电压继电器	K	KHV	LYJ, LJ	150	频敏变阻器	R	RF	BP, PR
104	电流继电器	K	KA (或 KI)	LJ	151	励磁变阻器	R	RE	
105	过电流继电器	K	KOC	GLJ, GJ	152	热敏电阻器	R	RT *	
106	欠电流继电器	K	KUC	QLJ, QJ	153	压敏电阻器	R	RV *	
107	零电流继电器	K	KHC	LLJ, LJ	154	放电电阻器	R	RD	FDR
108	功率继电器	K	KP	GJ	155	起动电阻器	R	RS (T)	QR
109	频率继电器	K	KF		156	制动电阻器	R	RB	ZDR
110	控制继电器	K	KC	KJ	157	调速电阻器	R	RA	TSR
111	制动继电器	K	KB	ZDJ, ZJ	158	附加电阻器	R	RA (D)	FJR
112	差动继电器	K	KD	CJ	159	调速电阻器	R	R (P) A	TSW
113	过载继电器	K	KOL		160	分流器	R	RS *	FL
114	时间继电器	K	KT *	SJ	161	分压器	R	RV (D)	FY
115	温度继电器	K	KT (E)	WJ	162	电容器	C		C
116	热继电器	(K 或 F	KR (或 FR)	RJ	163	测量元件和仪表类			
117	速度继电器	K	KS (P)	SDJ, SJ	164	电流表	A * *		A
118	加速度继电器	K	KA (C)	JSJ, JJ	165	电压表	V * *		V
119	压力继电器	K	KP (R)	YLJ, YJ	166	功率因数表		cos ϕ * *	cos ϕ
120	同步继电器	K	KS	TJ	167	温度计	θ * *		
121	联锁继电器	K	KI (N)	LSJ, LJ		转速表	n * *		
122	中间继电器	K	KA	ZJ		电气操作的机械 器件类			
123	合闸继电器	K	KC (L)	HJ	168	电磁铁	Y	YA *	DT
124	跳闸继电器	K	KT (R)	TJ	169	制动电磁铁	Y	YA (B)	ZT
125	信号继电器	K	KS (I)	XJ	170	电磁离合器	Y	YC *	CLH
126	动力制动继电器	K	K (D) B	DZJ, DJ	171	电磁吸盘	Y	YH *	DX
127	无触点继电器	K	KN (C)		172	电磁阀	Y	YV *	DCF
					173	电动阀	Y	YM *	

续上表

序号	名 称	新符号		旧符号	序号	名 称	新符号		符号
		单字母	多字母				单字母	多字母	
174	电磁制动器	Y	YB *		192	或门	D	DO	HM
	组件、门电路类				193	与非门	D	D (A) N	YF
175	电流调节器	A	ACR	LT, IR	194	非门, 反相器	D	DN	F
176	电压调节器	A	AUR	YT, UR	195	给定积分器	A	AG	AR, GI
177	速度调节器	A	ASR	ST, SR	196	函数发生器	A	AF	FG
178	磁通调节器	A	AMR			其他			
179	功率调节器	A	APR	GT	197	插头	X	XP *	CT
180	电压变换器	B	BU	YB	198	插座	X	XS *	CZ
181	电流变换器	B	BC	LB	199	信号灯, 指示灯	H	HL *	ZSD, XD
182	速度变换器	B	BV *	SB, SDB	200	照明灯	E	EL *	ZD
183	位置变换器	B	BQ *	WZB	201	电铃	H	HA *	DL
184	触发器	A	AT	CF	202	电喇叭, 蜂鸣器	H	HA *	FM, LB, JD
185	放大器	A		FD	203	端子板, 接线板	X	XT *	JX, JZ
186	运算放大器	N			204	测试插孔	X	XJ *	CK
187	晶体管放大器	A	AD *	BF	205	红色信号灯	H	HLR	HD
188	集成电路放大器	A	AJ *		206	绿色信号灯	H	H LG	LD
189	计数器	P	μ C *	JS	207	黄色信号灯	H	HLY	UD
190	信号发生器	P	PS		208	白色信号	H	HLW	BD
191	与门	D	DA	YM	209	蓝色信号灯	H	HLB	AD

参 考 文 献

- 1 阮弼忠. 关于建立船舶电力系统故障诊断专家系统探讨. 上海: 船电通讯, 1990. 3
- 2 梅启智, 廖制生, 孙惠中编著. 系统可靠性工程基础. 北京: 科学出版社, 1987. 2
- 3 吴科良. 谈船舶自动化设备的修理. 天津: 中国修船, 1991. 2
- 4 梅邨主编. 常用电子仪表的使用与维护. 北京: 人民邮电出版社, 1995. 9
- 5 张锡纯等编著. 电子示波器及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1997. 4
- 6 阮弼忠编著. 触发器、计数器电路实践. 福州: 福建科学技术出版社, 1998. 9
- 7 贾舜华, 王汉生, 何焕章编. 船舶电气管理工艺学. 北京: 人民交通出版社, 1991. 6
- 8 周希章主编. 电修手册. 北京: 机械工业出版社, 1997. 3
- 9 宋家成主编. (新编) 实用电机修理手册. 济南: 山东科学技术出版社, 1995. 5
- 10 王兆文主编. 可编程序控制器教程. 北京: 机械工业出版社, 1992. 9
- 11 冒天诚主编. 船舶电力拖动自动控制系统. 北京: 人民交通出版社, 1982
- 12 何利民, 君全英编. 怎样阅读电气工程图. 第二版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- 13 麦崇裔, 刘贵全编. 船舶机械拖动自动控制. 北京: 机械工业出版社, 1987. 6
- 14 陆祥润, 刘凤梧主编. 船舶电气实用指南. 大连: 大连海运学院出版社, 1993. 3
- 15 轮机工程手册编委会. 轮机工程手册 (下册). 北京: 人民交通出版社, 1994. 5
- 16 应强云主编. 船舶电气管理及工艺. 大连: 大连海事大学出版社, 1996. 8
- 17 胡福保等编著. 船舶电气设备调试方法问答. 北京: 国防工业出版社, 1990
- 18 郑凤阁主编. 轮机自动化. 大连: 大连海事大学出版社, 1993
- 19 张德一, 郑凤阁, 张国树, 吕登有编. 轮机自动化. 北京: 人民交通出版社, 1986
- 20 黄伦坤, 朱正鹏, 刘宗德编. 船舶电站及其自动装置. (第二版) 北京: 人民交通出版社, 1992
- 21 施亿生, 谢绍惠编. 船舶电站. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 22 张汝均编著. 船舶电站同步发电机的自动励磁装置. 北京: 国防工业出版社, 1989
- 23 陈鸿彦编著. 船舶柴油机主机遥控. 北京: 人民交通出版社, 1996. 5

参 考 文 献

- 1 阮弼忠. 关于建立船舶电力系统故障诊断专家系统探讨. 上海: 船电通讯, 1990. 3
- 2 梅启智, 廖制生, 孙惠中编著. 系统可靠性工程基础. 北京: 科学出版社, 1987. 2
- 3 吴科良. 谈船舶自动化设备的修理. 天津: 中国修船, 1991. 2
- 4 梅邨主编. 常用电子仪表的使用与维护. 北京: 人民邮电出版社, 1995. 9
- 5 张锡纯等编著. 电子示波器及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1997. 4
- 6 阮弼忠编著. 触发器、计数器电路实践. 福州: 福建科学技术出版社, 1998. 9
- 7 贾舜华, 王汉生, 何焕章编. 船舶电气管理工艺学. 北京: 人民交通出版社, 1991. 6
- 8 周希章主编. 电修手册. 北京: 机械工业出版社, 1997. 3
- 9 宋家成主编. (新编) 实用电机修理手册. 济南: 山东科学技术出版社, 1995. 5
- 10 王兆文主编. 可编程序控制器教程. 北京: 机械工业出版社, 1992. 9
- 11 冒天诚主编. 船舶电力拖动自动控制系统. 北京: 人民交通出版社, 1982
- 12 何利民, 君全英编. 怎样阅读电气工程图. 第二版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- 13 麦崇裔, 刘贵全编. 船舶机械拖动自动控制. 北京: 机械工业出版社, 1987. 6
- 14 陆祥润, 刘凤梧主编. 船舶电气实用指南. 大连: 大连海运学院出版社, 1993. 3
- 15 轮机工程手册编委会. 轮机工程手册 (下册). 北京: 人民交通出版社, 1994. 5
- 16 应强云主编. 船舶电气管理及工艺. 大连: 大连海事大学出版社, 1996. 8
- 17 胡福保等编著. 船舶电气设备调试方法问答. 北京: 国防工业出版社, 1990
- 18 郑凤阁主编. 轮机自动化. 大连: 大连海事大学出版社, 1993
- 19 张德一, 郑凤阁, 张国树, 吕登有编. 轮机自动化. 北京: 人民交通出版社, 1986
- 20 黄伦坤, 朱正鹏, 刘宗德编. 船舶电站及其自动装置. (第二版) 北京: 人民交通出版社, 1992
- 21 施亿生, 谢绍惠编. 船舶电站. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 22 张汝均编著. 船舶电站同步发电机的自动励磁装置. 北京: 国防工业出版社, 1989
- 23 陈鸿彦编著. 船舶柴油机主机遥控. 北京: 人民交通出版社, 1996. 5

参 考 文 献

- 1 阮弼忠. 关于建立船舶电力系统故障诊断专家系统探讨. 上海: 船电通讯, 1990. 3
- 2 梅启智, 廖制生, 孙惠中编著. 系统可靠性工程基础. 北京: 科学出版社, 1987. 2
- 3 吴科良. 谈船舶自动化设备的修理. 天津: 中国修船, 1991. 2
- 4 梅邨主编. 常用电子仪表的使用与维护. 北京: 人民邮电出版社, 1995. 9
- 5 张锡纯等编著. 电子示波器及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1997. 4
- 6 阮弼忠编著. 触发器、计数器电路实践. 福州: 福建科学技术出版社, 1998. 9
- 7 贾舜华, 王汉生, 何焕章编. 船舶电气管理工艺学. 北京: 人民交通出版社, 1991. 6
- 8 周希章主编. 电修手册. 北京: 机械工业出版社, 1997. 3
- 9 宋家成主编. (新编) 实用电机修理手册. 济南: 山东科学技术出版社, 1995. 5
- 10 王兆文主编. 可编程序控制器教程. 北京: 机械工业出版社, 1992. 9
- 11 冒天诚主编. 船舶电力拖动自动控制系统. 北京: 人民交通出版社, 1982
- 12 何利民, 君全英编. 怎样阅读电气工程图. 第二版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- 13 麦崇裔, 刘贵全编. 船舶机械拖动自动控制. 北京: 机械工业出版社, 1987. 6
- 14 陆祥润, 刘凤梧主编. 船舶电气实用指南. 大连: 大连海运学院出版社, 1993. 3
- 15 轮机工程手册编委会. 轮机工程手册 (下册). 北京: 人民交通出版社, 1994. 5
- 16 应强云主编. 船舶电气管理及工艺. 大连: 大连海事大学出版社, 1996. 8
- 17 胡福保等编著. 船舶电气设备调试方法问答. 北京: 国防工业出版社, 1990
- 18 郑凤阁主编. 轮机自动化. 大连: 大连海事大学出版社, 1993
- 19 张德一, 郑凤阁, 张国树, 吕登有编. 轮机自动化. 北京: 人民交通出版社, 1986
- 20 黄伦坤, 朱正鹏, 刘宗德编. 船舶电站及其自动装置. (第二版) 北京: 人民交通出版社, 1992
- 21 施亿生, 谢绍惠编. 船舶电站. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 22 张汝均编著. 船舶电站同步发电机的自动励磁装置. 北京: 国防工业出版社, 1989
- 23 陈鸿彦编著. 船舶柴油机主机遥控. 北京: 人民交通出版社, 1996. 5